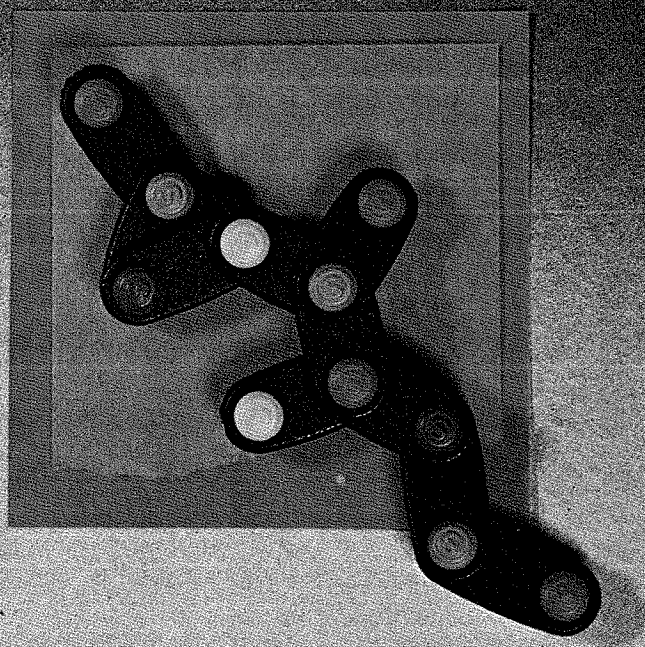
Ludovico Geymonat

LIMITES ACTUALES DE LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA



Colección
LIMITES
de la
CIENCIA

VOLUMEN
9

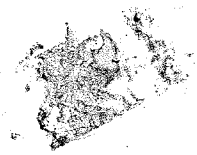
gedisa
editorial

LUDOVICO GEYMONAT

LIMITES ACTUALES DE LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA

Se trata de un libro didáctico y de síntesis, que ofrece una idea general de las actuales investigaciones sobre el significado, la estructura y las funciones de la ciencia. El resultado es una visión unitaria, límpida y esclarecedora, depurada de polémicas facciosas.

Ludovico Geymonat culmina su larga trayectoria en el campo de las ciencias del hombre con la obtención del Premio Nacional de Filosofía de L'Accademia dei Lincei, en 1985. Nacido en Turín en 1908, enseñó historia de la filosofía y filosofía de la ciencia en las universidades de Turín, Cagliari, Pavia y Milán. L'Academie Internationale d'Histoire le otorgó la *Médaille Koyré*, en 1974. Entre 1970 y 1974 publicó la gran *Storia del Pensiero Scientifico e Filosofico.*



gedisa editorial

Colección
LIMITES
de la
CIENCIA

Código: 6.009

ISBN 84-7432-275-8

9 788474 322750

DIVULGACION CIENTIFICA

Ya sea porque no se puede prescindir de la ciencia a la hora de concebir una imagen del mundo o porque es en sí misma un maravilloso dominio del saber, la divulgación de la ciencia moderna, sin tecnicismos inútiles ni concesiones engañosas, constituye un hito necesario en la formación del lector actualizado, para quien se dirigen los libros de esta sección

JOSÉ BABINI
Historia de la medicina

ALBERT JACQUARD
La ciencia, ¿una amenaza?

S. P. SPRINGER Y G. DEUTSCH
Cerebro izquierdo, cerebro derecho

JULIO REY PASTOR Y JOSÉ BABINI
Historia de la matemática (2 vols.)

PHILIPPE ROQUEPLO
El reparto del saber

S. ORTOLI Y J.-P. PHARABOD
El cántico de la cuántica

MICHAEL DISNEY
El Universo oculto

LUDOVICO GEYMONAT
Límites actuales de la filosofía de la ciencia

H. REEVES Y OTROS
La sincronicidad

CLIFFORD M. WILL
¿Tenía razón Einstein?

JACQUES LABEYRIE
El hombre y el clima

LANGDON WINNER
La ballena y el reactor

FOMEC 2003

LIMITES ACTUALES DE LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA

Ludovico Geymonat

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. R.
Reg. 126

gedisa
editorial

Título del original en italiano:
Lineamenti di filosofia della scienza
© *by* Arnoldo Mondadori Editore S. p. A., Milán, 1985

Traducción: Guido Filippi
Cubierta: Sergio A. Manela
Fotografía de cubierta: Alejandro Leveratto

Segunda edición, junio de 1993, Barcelona

Derechos para todas las ediciones en castellano

© *by* Editorial Gedisa, S.A.
Muntaner, 460, entlo., 1.ª
Tel. 201 60 00
08006 - Barcelona, España

ISBN: 84-7432-275-8
Depósito legal: B - 21.312 - 1993

Impreso en España
Printed in Spain

Impreso en Libergraf
Avda. Constitució, 19 - 08014 Barcelona

Queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio de impresión, en forma idéntica, extractada o modificada, en castellano o cualquier otro idioma.

INDICE

ADVERTENCIA 9

I. CONSIDERACIONES PRELIMINARES 11
La imagen tradicional de la ciencia, 13 - Nuevos aspectos de la ciencia, 14 - Relaciones de la filosofía de la ciencia con la ciencia y con la historia de la ciencia, 16 - Filosofía de la ciencia y filosofía, 17.

II. RECIENTES PROBLEMAS DE FILOSOFÍA DE LA MATEMÁTICA 19
El criterio de evidencia en matemática y su crisis, 21 - Definición implícita y explicación, 23 - Las antinomias de la teoría de conjuntos y las tentativas de resolverlas, 24 - Consecuencias para el campo matemático y para el campo filosófico de las modernas investigaciones de la lógica, 27 - Enlace entre intuición y demostración en los desarrollos de la matemática moderna, 29.

III. EL CONTACTO CON LA EXPERIENCIA EN LAS TEORÍAS FÍSICAS 33
La lógica inductiva y sus límites, 35 - La interrogación a la naturaleza, 37 - Funciones de la axiomatización de las teorías físicas, 38 - La elaboración de las teorías físicas por obra de los neopositivistas, 40.

IV. EL PROBLEMA DE LA EXPLICACIÓN EN LAS TEORÍAS FÍSICAS 43
El recurso a los modelos en la física tradicional. Los experimentos cruciales, 45 - El significado hoy atribuible al concepto de modelo, 47 - El problema de la objetividad de la ciencia: el pragmatismo, 49 - La defensa del valor objetivo de las ciencias: el marxismo, 51.

V. EL PROBLEMA DE LA ESPECIALIZACIÓN 53
Origen y significado de la especialización de las ciencias, 55 - Ventajas y desventajas de la especialización de las investigaciones científicas, 57 - Contra el especialismo como cerrazón mental, 58 - El realismo como remedio a la cerrazón de la ciencia especialística, 59.

VI. EL PROBLEMA DE LA UNIFICACIÓN DE LAS CIENCIAS, HOY 61
La reducción de una ciencia a otra como primera vía para resolver el problema de la unificación, 63 - La unificación de los lenguajes científicos: el fisicalismo, 65 - La unificación de las ciencias buscada en la unidad de su método, 66 - La unificación dinámica de las ciencias y de las técnicas, 68.

VII. SOBRE LA DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE CAUSA 71
El análisis del concepto de causa realizado por Hume, 73 - Sobre el significado del concepto de ley. El criterio popperiano de la falsabilidad, 75 - Incompletud del análisis humeano del concepto de causa, 75.

VIII. EL PROBLEMA DEL DETERMINISMO 77
Crítica del determinismo de Laplace, 79 - Las leyes estadísticas y el caso, 81 - Críticas del determinismo biológico, 83 - Del principio de causalidad al principio de condicionamiento recíproco, 84.

IX. CIENCIA E HISTORIA DE LA CIENCIA 87
Argumentos en favor y en contra de la posibilidad de una historia de la ciencia, 89 - Continuismo y discontinuismo en el desarrollo de la ciencia, 91 - Historia interna e historia externa, 92 - Historia integral de la ciencia como desarrollo del patrimonio científico-técnico, 94.

X. CIENCIA Y VERDAD 97
La verdad matemática, 99 - La verdad de las teorías físicas, 100 - La verdad relativa, 102 - Los criterios de las verdades relativas, 104 - Verdades relativas y escepticismo, 105 - Verdades relativas e hipótesis, 106.

XI. CIENCIA Y REALIDAD 109
La realidad como realidad fenoménica, 111 - La ciencia como conocimiento gradual de la realidad fenoménica, 113 - Carácter dinámico del conocimiento científico. El proceso de profundización, 114 - Las teorías científicas no son meras convenciones, 116.

XII. CIENCIA Y CONCEPCIÓN DEL MUNDO 119
Sobre la presunta neutralidad teorética de la ciencia, 121 - La presunta neutralidad práctica de la ciencia, 122 - En qué sentido se puede hablar hoy de concepción del mundo, 123 - Sobre la "racionalidad" de la naturaleza, 125 - El problema del orden natural, 126 - Naturaleza e historia, 127.

APÉNDICE. LAS TAREAS DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA HOY EN ITALIA 131

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA: BIBLIOGRAFÍA COMENTADA, por *Fabio Minazzi* 145
Premisa, 147 - *Estudios generales*, 148 - Estudios de carácter histórico, enciclopedias y diccionarios, 148 - Manuales y escritos sistemáticos de filosofía de la ciencia, 151 - Recopilaciones de artículos y estudios misceláneos, 153 - *Bibliografía temática relativa a cada capítulo*, 155 - Capítulo II, 155 - Capítulo III, 158 - Capítulo IV, 159 - Capítulo V, 160 - Capítulo VI, 161 - Capítulo VII, 163 - Capítulo VIII, 164 - Capítulo IX, 166 - Capítulo X y Capítulo XI, 168.

BIBLIOGRAFÍA EN CASTELLANO 175

ÍNDICE TEMÁTICO Y ONOMÁSTICO 177

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. R.

Advertencia

En nuestra época la ciencia, pura o aplicada, ha alcanzado una importancia tal en su incidencia sobre el bien y también sobre el mal de la civilización que nadie puede desinteresarse de ella. El más encarnizado detractor del así llamado "progreso científico" debe aceptarlo al hacer su propio análisis, siquiera con el único objeto de demostrar que aquél es la raíz de todas las aberraciones de la sociedad contemporánea. Es por este motivo que hoy el filósofo no puede soslayar el poner a la ciencia en el centro de sus análisis y reflexiones críticas.

La filosofía de la ciencia o epistemología (de ahora en más usaremos ambos términos como sinónimos) es precisamente la disciplina que se propone examinar los problemas concernientes al significado de la ciencia, su estructura, su objeto, en la firme convicción de que un mayor conocimiento en torno de estos aspectos puede resultar de gran utilidad no sólo para el filósofo sino también para el científico y, en general, para toda persona de cultura.

Quisiera dar en el presente volumen una idea general, si bien en términos muy simples, de las actuales investigaciones de filosofía de la ciencia, sobre todo a título orientativo, sin ocultar sin embargo mi punto de vista personal, esto es, la línea en la cual sostengo que se debe buscar una solución a los grandes problemas que involucran a tales investigaciones.

Para el antedicho examen me valdré como es obvio de los trabajos hasta ahora realizados por los epistemólogos más recientes, pero sin demorarme en una reseña sistemática. En particular haré referencia, explícita o implícita, a los epistemólogos de lengua inglesa, mas sin compartir el parecer de quien sostiene que "cuando se dice 'filosofía de la ciencia' en sentido estricto se entiende un contexto cultural bien determinado que es sustancialmente el contexto cultural de lengua inglesa".[1] Tal parecer

[1] Giulio Giorello: *Pensiero scientifico e pensiero filosofico*, en Massafra M. y Minazzi F. (comp.), *Il problema della scienza nelle realtà contemporanee*, Angeli, Milán, 1985.

termina, en efecto, por privilegiar a priori la tradición empirista que domina cabalmente en los países de lengua inglesa, lo que parece al menos apresurado si no dogmático.

Deseo que mi esfuerzo por obtener la máxima claridad, mas no en perjuicio de la seriedad, pueda ser apreciado también por lectores que se dirigen por caminos distintos del mío.

LUDOVICO GEYMONAT

Milán, 1985.

I

Consideraciones preliminares

La imagen tradicional de la ciencia

Ya desde los primeros siglos de la Grecia clásica se comenzó a distinguir la ciencia de la opinión: el primer término designaba a un tipo de conocimiento absolutamente cierto, el segundo en cambio a un tipo de conocimiento privado de certeza. El así llamado problema del conocimiento consistía en determinar la vía para llegar a la ciencia superando el campo de las meras opiniones. Las únicas disciplinas en las que a juicio unánime se alcanzó esta meta fueron la matemática y la lógica formal, aunque de esta última hubo dos líneas notablemente distintas entre sí: la aristotélica y la estoica. Por otra parte la matemática encontró ya en aquellos tiempos grandes aplicaciones en la astronomía, por lo que también se consideró a ésta como auténtica ciencia.

Prescindiendo de los debates acerca de la licitud de considerar como ciencias a la metafísica y a la teología, debe observarse que la física —entendida como estudio de los fenómenos inorgánicos— y la biología —entendida como estudio del mundo orgánico— no obtuvieron por siglos y siglos un status de verdaderas ciencias. El nacimiento de la física como ciencia se atribuye generalmente a Galileo; el de la biología (la cuestión es más controvertida) a W. Harvey, el descubridor de la circulación de la sangre. El carácter científico de la física galileana y —tal vez con menor seguridad— de las investigaciones de Harvey se debe, según los más, al uso sistemático del llamado "método experimental", fundado en la aplicación de la matemática y en la observación escrupulosa de la experiencia.

Así las cosas, ocurrió que la filosofía de la ciencia se redujo por varios siglos (más precisamente los siglos XVII, XVIII y XIX) al análisis de los fundamentos y los métodos de la matemática y, por otro lado, al análisis del método experimental. Mas, junto con estas indagaciones específicas, los filósofos dieron origen a un problema más general: ¿qué cosa es la que permite al hombre alcanzar verdades científicas, esto es "universales y necesarias"? Es sabido que E. Kant sostuvo poder responder a esta pregunta apelando a la existencia (según él demostrable partien-

do precisamente de la matemática) de formas *a priori* de la intuición y del intelecto. En tanto se iban consolidando también otras ciencias, y el problema central de filosofía de la ciencia se desplazó de la búsqueda de las condiciones que hacen posible la adquisición de auténticas verdades científicas, a la búsqueda de relaciones entre las varias ciencias. Es el problema que A. Comte juzgó haber resuelto con su famosa "clasificación de las ciencias". Durante casi todo el siglo XIX el problema de la clasificación de las ciencias suscitó vivaces debates, involucrando también al problema de los fundamentos y de los métodos de cada ciencia en particular. De especial importancia fue el problema de si también la biología y la psicología podían (y debían) aplicar el "método experimental" (llamado también "método galileano") y qué perfeccionamientos debían aportar a éste para adaptarlo a su propio campo de investigación.

En todos estos debates se continuó aceptando, expresa o tácitamente, la imagen tradicional de la ciencia como conocimiento de verdades absolutas, no opinables. Bien entendido, esto no se limita más a contraponer los conocimientos científicos a aquellos opinables, sino, en el ámbito de una misma ciencia, contrapone las auténticas verdades a las meras hipótesis, destinadas estas últimas a ser rigurosamente evaluadas con método científico para su aceptación como científicamente verdaderas o su rechazo como erróneas. Las cosas comenzaron a cambiar radicalmente cuando se descubrió (a continuación de la posibilidad demostrada de las geometrías no euclidianas) el carácter convencional de los axiomas matemáticos y, más tarde, el de los principios de las teorías físicas más largamente aceptadas como científicas. Estos descubrimientos pusieron en crisis a la imagen tradicional, ahora señalada, de la ciencia, abriendo el camino a nuevos problemas epistemológicos. Para acentuar tal crisis se sumaron en los últimos años del siglo XIX y en los primeros del XX las grandes innovaciones de la matemática y de la física, que revolucionaron profundamente a estas ciencias. Es necesario hacer referencia a esta situación para comprender las características y los problemas de la actual filosofía de la ciencia.

Nuevos aspectos de la ciencia

Abandonada la vieja pregunta filosófica "es la ciencia posible y, en caso de una respuesta afirmativa, cuáles son los factores de nuestra actividad cognoscitiva que la hacen posible", podemos decir que hoy la filosofía de la ciencia arranca desde la constatación, difícilmente impugnable, de que existen hace tiempo muchas ciencias en continua evolución provistas de elementos en parte similares y en parte distintos. El filósofo

de la ciencia deberá analizar estos elementos, estos aspectos, sometiéndolos a un examen crítico desprejuiciado y coherente.

Ahora bien, el primero y más sorprendente entre ellos, al cual ya hemos hecho referencia al final del párrafo anterior, es el carácter convencional de los axiomas o principios de todas las teorías científicas. Está claro que ello nos obliga a renunciar a la presunta calidad de absoluto de las verdades obtenidas mediante tales teorías; pero ¿significa esto que las ciencias no están en condiciones de hacernos llegar a alguna verdad? ¿y, en consecuencia, que ellas no tienen valor cognoscitivo alguno? ¿o además significa que no existe realidad alguna, objeto del presunto conocimiento científico?

Otra característica de las ciencias es, por lo menos hoy, su continuo desarrollo que da origen al llamado "progreso científico". Pero también aquí surgen diversos problemas que deben ser atentamente discutidos por el filósofo de la ciencia. ¿Cómo se da el desarrollo de la ciencia? ¿Por simple acumulación de nuevos descubrimientos que se suman a los viejos, como se pensaba cuando las verdades que obtenían las ciencias se consideraban absolutas? ¿O quizá tal desarrollo se da a través de crisis y revoluciones?

Y más aún: ¿son confrontables entre sí las diversas teorías, aun cuando parten de principios radicalmente distintos? ¿En base a qué criterio considerar a una teoría mejor que otra?

Ciertamente el problema del contraste entre teorías diferentes nos lleva a centrar nuestra atención en el lenguaje con que ellas son expuestas.[1] El filósofo de la ciencia no puede hoy desinteresarse de las varias cuestiones que han surgido en torno a los lenguajes científicos, en particular en torno de las reglas lógicas con que se rige cada uno de ellos. ¿Tales reglas son también convencionales como los postulados de las diferentes teorías? ¿Deben considerarse incluidas en las teorías mismas o son algo que está por sobre ellas? De aquí al problema de la especialización de la investigación científica el paso es breve. Es innegable que las distintas ciencias, si bien no se puede afirmar que sus teorías se rijan por lógicas totalmente diferentes, afrontan problemas específicos sin relación inmediata el uno con el otro y los abordan con métodos notablemente distintos, que presuponen en cada investigador una preparación *ad hoc* diferente de la de otro. Todos sabemos que sin la especialización, hoy, el progreso científico sería imposible; pero ¿la especialización no termina por restar todo sentido al concepto mismo de ciencia?

[1] Por ejemplo, Charles Morris en *Lineamenti di una teoria dei segni*, Paravia, Turín, 1954 escribe: "El hombre de ciencia debe tener con sus instrumentos lingüísticos el mismo cuidado que tiene con los aparatos que proyecta o con las observaciones que realiza".

Tampoco parece más simple la relación entre "ciencia pura" y "ciencia aplicada". ¿No se identifica a esta última antes que nada con la técnica? Mas es bien sabido que las técnicas se desarrollaron antes que las ciencias, y más bien en muchos casos ellas contribuyeron en forma determinante al nacimiento de las ciencias puras. Entonces, ¿qué debemos pensar de aquellos autores, como A. Comte, que asignan a la técnica una función simplemente auxiliar respecto de la ciencia?

Relaciones de la filosofía de la ciencia con la ciencia y con la historia de la ciencia

Hemos catalogado algunos de los problemas que constituyen, con otros, el objeto de la filosofía de la ciencia. Ellos requieren tal vez un grado de conocimiento bastante serio del estado actual de la investigación científica, pero requieren sobre todo una franca disposición a meditar críticamente sobre lo que ha sido y sobre lo que es la ciencia.

¿Esta disposición se encuentra más en los estudiosos con preparación filosófica o en aquellos con preparación científica? La respuesta no es unívoca, en cuanto tenemos grandes científicos como D. Hilbert, J. H. Poincaré, F. Henriques, A. Einstein que han ofrecido en nuestro siglo conspicuas contribuciones al análisis filosófico del significado y de la importancia de las teorías científicas, y hay grandes filósofos como E. Cassirer que han hecho otro tanto. Por lo demás, los mayores filósofos de la ciencia actual, como M. Schlick, H. Reichenbach, G. Bachelard, etc. son estudiosos que, tras haber iniciado sus carreras como científicos, se especializaron luego en indagaciones epistemológicas. He aquí la explicación que nos da Reichenbach: "Una división del trabajo parece inevitable, desde el momento que no sólo la investigación empírica sino también la epistemológica requieren una cantidad de indagaciones detalladas que supera la capacidad de un solo individuo. Debería tenerse también presente el hecho de que los objetos filosóficos y los científicos, si bien en general dependen recíprocamente los unos de los otros, se contraponen en la mentalidad de cada estudioso. El análisis filosófico del significado y de la importancia de las aserciones científicas puede llegar casi a obstaculizar el proceso de la investigación científica y a paralizar el espíritu innovador, al cual faltaría el coraje de recorrer nuevos senderos sin una cierta dosis de irresponsabilidad".[2] Aunque no se esté de acuerdo con la última afirmación de este fragmento, se debe reconocer que

[2] *Filosofía dello spazio e del tempo*, Feltrinelli, Milán, 1977, pág. 23.

pone bien en claro el problema de las relaciones entre ciencia y filosofía de la ciencia, y las dificultades con que ella se encuentra.

Menos difícil es en cambio el problema de las relaciones entre historia de la ciencia y filosofía de la ciencia en cuanto ésta presupone aquélla, como campo del cual tomar ejemplos a confirmar o a refutar de tesis recientes o pasadas sostenidas por cualquier filósofo. Sin estas referencias históricas, se correría el riesgo de hacer una epistemología *a priori*, contraviniendo de modo manifiesto el planteo que hemos delineado al principio del segundo párrafo, y que —como tratábamos de explicar— representa la gran novedad producida en este campo de estudios en el paso del siglo XIX al XX.

Filosofía de la ciencia y filosofía

Por cuanto respecta en fin a las relaciones entre la filosofía de la ciencia y la filosofía, entendida esta última en el sentido más general consolidado por una tradición milenaria, nos limitaremos a decir que la filosofía de la ciencia ha incorporado en sí misma a todo un sector de aquélla (quizás el más importante desde los tiempos de la antigua Grecia): el sector gnoseológico. En efecto, discutir hoy acerca del problema del conocimiento sin hacer referencia al conocimiento científico, aunque sólo fuera para sostener que ello no es auténtico conocimiento, no puede parecer sino una empresa risible, abstracta, artificiosa, privada de interés para cualquier persona seria.

Cierto es en cambio que gran parte de los problemas gnoseológicos clásicos se reencuentra, tal vez bajo otras apariencias, en los debates de la filosofía de la ciencia, lo cual aclara su significación y confirma su importancia.

El primero de tales problemas —para limitarnos a un solo ejemplo— involucra la defensa del racionalismo contra todos los ataques con que le arremeten desde todas direcciones: escépticos, críticos, irracionalistas. Está claro que un auténtico racionalismo no puede ser otro, hoy, que un racionalismo científico, tan elaborado cuanto se quiera, pero siempre basado en una auténtica conciencia de lo que ha sido y lo que es la empresa científica. Una seria defensa del racionalismo no puede efectuarse, actualmente, sino sobre la base de un riguroso análisis de filosofía de la ciencia.

II

Recientes problemas de filosofía de la matemática

El criterio de evidencia en matemática y su crisis

La disciplina, o grupo de disciplinas en que la simbiosis entre investigación epistemológica e investigación científica propiamente dicha resulta más manifiesta es la matemática. En efecto, en ella se entrelazan dos factores —la intuición y el discurso lógico—, ambos esenciales para la investigación científica, pero cuyas relaciones suscitan cuestiones de tipo filosófico extremadamente complejas, pues se trata de factores que se han mostrado diferentes de una a otra fase del desarrollo de esta ciencia. Como es bien sabido, los *Elementos* de Euclides fueron considerados por siglos y siglos la expresión más elevada de la razón humana, el modelo en que inspirarse para exponer cualquier asunto en forma exenta de dudas. Piénsese en B. Spinoza que, para demostrar la validez de su propio sistema metafísico, se esforzó en exponerlo *more geometrico*; piénsese también en I. Newton que, para dar una forma científicamente incontrastable a su mecánica, dio a sus *Principia* una estructura manifiestamente análoga a la de los *Elementos* euclidianos. ¿Pero en qué consistía tal estructura? En conceder a la obra un cierto número de axiomas válidos para todas las ciencias (por ejemplo "si dos cosas son iguales a una misma cosa, son también iguales entre sí") y un cierto número de postulados específicos del argumento en examen, admisibles por su evidencia intuitiva, recabando luego con argumentaciones lógicamente rigurosas todas las consecuencias posibles. Mas fue precisamente alrededor de la presunta evidencia de los famosos postulados euclidianos que surgieron, ya en la antigüedad, las primeras incertidumbres. ¿Estaba tal evidencia en condiciones de proveer una base segura a tales postulados? ¿Cómo se debía entender la afirmación de que éstos son evidentes? Más en general: ¿la apelación a la evidencia es la apelación a una propiedad lógica o tan sólo a una propiedad psicológica?

La apelación a la evidencia, que en un principio tuvo sin duda un papel fundamental en la matemática, fue luego asumida por algunos filósofos como criterio general de verdad: basta pensar en Descartes que en el *Discurso del Método* hizo de ella un pilar fundamental de su propuesta

metodológica. En efecto, ésta se basa en cuatro principios, el primero de los cuales exige cabalmente que no se acepte nunca por verdadera alguna cosa que no podamos aferrar con perfecta evidencia. (Hoy este principio es rechazado por la mayor parte de los estudiosos quienes lo acusan de apelar a algo puramente subjetivo, variable de individuo a individuo.)

Es en el siglo XVIII que el criterio de evidencia entró abiertamente en crisis en la matemática, crisis provocada ante todo por el descubrimiento de las así llamadas "geometrías no euclidianas" (que borraban del sistema de los postulados euclidianos al famoso postulado de las paralelas), y tras el desarrollo de la teoría (ingenua) de los conjuntos, que llevaron a resultados en manifiesta contraposición con la intuición común, por ejemplo a este resultado: son tantos los puntos de un segmento, por pequeño que éste sea, como los de la recta entera. Tal crisis signó un auténtico vuelco para la matemática pero quizá más aún para la filosofía de la ciencia.

La importancia de las geometrías no euclidianas para la filosofía de la ciencia es fundamentalmente adjudicable a dos motivos:

1) ellas demostraron que la aceptación de los postulados euclidianos no podía justificarse por la intuición, sino que debía ser el fruto de un acto voluntario, esto es de una convención;

2) hicieron surgir serias dudas sobre la interpretación tradicionalmente aceptada de la geometría euclidiana como auténtica ciencia del espacio físico en el que vivimos y actuamos.

La importancia para la filosofía de la ciencia de los primeros desarrollos de la teoría de conjuntos está ligada al hecho de que dicha teoría permitió demostrar de manera muy simple algunos resultados manifiestamente contraintuitivos, como el que antes referimos acerca del número de puntos de un segmento y de una recta.

Tales resultados subrayaron aún más la exigencia de hacer uso en matemática del máximo rigor sea en las demostraciones, sea en las propias definiciones, no recogiendo sin un escrupuloso análisis crítico nada de lo que nos fue transmitido por la matemática tradicional, por ejemplo los conceptos de dimensión, de continuidad, de curva, etc., ni recogiendo siquiera la antigua distinción entre axiomas y postulados (así, hoy se habla sólo de "sistemas de axiomas" incluyendo en ellos también a los postulados).

Definición implícita y explicación

El punto de llegada de este movimiento rigorista lo constituye —en el ámbito de la geometría— el procedimiento que suele indicarse con el nombre de "definición implícita". Esta consiste en la afirmación de que los entes geométricos (por ejemplo: punto, recta, plano, etc.) no son cosas que tengan una forma de existencia propia más allá del sistema de postulados que determinan una propiedad, sino que son solamente aquello que satisface a tales postulados. En otros términos: podemos considerarlos como variables vinculadas por el sistema de postulados en cuestión.

En consecuencia podremos llamar "espacio euclidiano" a un conjunto cualquiera de tres géneros de entes, a los que por comodidad daremos el nombre de "puntos", "rectas" y "planos", conectados entre sí por relaciones que satisfacen al conjunto de axiomas enunciado por Euclides. Es obvio que para tal "espacio" no tiene sentido alguno hablar de intuición. Y es también obvio que este "espacio" puede prestarse a generalizaciones que van más allá de toda evidencia intuitiva; así se hablará por ejemplo de espacio de cuatro o más dimensiones.

Mas, ¿verdaderamente la intuición no ejercitará más función alguna? Sostener una tesis semejante equivaldría a no tener en cuenta el operar concreto de los matemáticos.

En efecto, cuando los matemáticos definen en términos abstractos generales algunos conceptos ya usados por la matemática clásica, no olvidan el significado intuitivo que tales conceptos tenían en la tradición; pero tienen bien presente que ese significado era a menudo vago e impreciso, y que esta misma imprecisión daba origen a muchos equívocos. Justamente para indicar la no simple relación entre los conceptos abstractos rigurosamente definidos y las nociones vagas (precientíficas) que a ellos corresponden, los epistemólogos han inventado el término "explicación" que encuentra numerosas aplicaciones no sólo en la matemática sino también en otras ciencias. Según esta terminología se dará el nombre de "explicandum" a la noción vaga precientífica y "explicatum" a la rigurosa sugerida por aquélla. En la definición de esta última se perderá obviamente algo que estaba presente, o implícito, en la otra, pero se obtendrá una gran ventaja en exactitud, y esta misma ventaja permitirá abrir el camino a consideraciones rigurosas de otro modo imposibles.

Así las cosas, está claro que podemos decir que el explicandum tiene un carácter intuitivo, no necesariamente presente en el explicatum. Se observa sin embargo que el recurso a la intuición asume aquí un significado muy diferente del que tenía en la matemática tradicional. En la griega por ejemplo la intuición se colocaba al principio de las teorías, consi-

derándosela capaz de proporcionar una garantía absoluta a sus postulados. Ahora en cambio asume una función del todo diferente, que es la de simplemente "sugerir" la elaboración de algunos conceptos rigurosos que deberán corresponden a algunas nociones del lenguaje precientífico. Y nada excluye que, en el curso de la investigación, la sugerencia pueda perfeccionarse y el concepto obtenido pueda ser ulteriormente precisado.

Tampoco debe olvidarse que, en algunos casos, la prosecución de la investigación ha llevado a descubrir que en la noción intuitiva de partida estaban efectivamente incluidos (y confundidos entre sí) dos núcleos distintos, a los cuales no se puede hacer corresponder un único explicatum. Esto ha sucedido por ejemplo a propósito de la noción intuitiva de probabilidad, reflexionando sobre la cual R. Carnap pudo demostrar que le corresponden dos conceptos rigurosamente definibles que indicó con los símbolos, Pr_1 y Pr_2. Hoy sabemos que muchos equívocos concernientes a la probabilidad derivan precisamente de la falta de distinción de dichos conceptos. Mas la disciplina matemática, en la cual el procedimiento antes delineado asume la mayor importancia, no es el cálculo de las probabilidades sino más bien la topología, cuyos conceptos fundamentales (como por ejemplo el de continuidad) son desde hace tiempo objeto de definiciones rigurosas, donde sin embargo está bien presente la sugerencia inicial proveniente de la intuición.

Las antinomias de la teoría de conjuntos y las tentativas de resolverlas

A partir del inicio de nuestro siglo, sin embargo, los debates más importantes de filosofía de la matemática se han concentrado sobre un grupo de problemas distintos de los esbozados en el párrafo precedente. Este grupo de problemas nació del clamoroso descubrimiento de algunas antinomias (la más célebre de las cuales es la de B. Russell, en 1903) que parecieron minar los fundamentos del entero edificio de la matemática. No se trata ya de simples resultados contraintuitivos como los mencionados en el primer párrafo, sino de resultados que demuestran que desde los principios mismos de la matemática (más precisamente de la teoría de conjuntos) se pueden deducir con rigor indiscutible manifiestas contradicciones. Fue Gottlob Frege quien sostuvo en los últimos años del siglo pasado que toda la teoría de conjuntos, y por lo tanto toda la matemática, puede ser justificada en base a las reglas de la lógica formal (reglas que él mismo expuso y sistematizó con gran precisión y rigor). No obstante el descubrimiento ahora aludido de las antinomias de la teoría de conjuntos puso en crisis el programa recién delineado, y dio inicio a una larga serie de debates sobre los fundamentos de la matemática que constituyó el argumento central de la filosofía de la matemática.

Las vías tentadas para salir de la crisis antedicha fueron principalmente tres: la de los logicistas, la de los formalistas y la de los llamados intuicionistas.

La vía de los logicistas fue iniciada por Bertrand Russell, autor junto con A. N. Whitehead de los famosos *Principia Mathematica*,[1] ésta consiste en la tentativa de agregar nuevos axiomas a los enunciados por Frege en su sistematización de la lógica, de modo que resultara imposible derivar del sistema así corregido la antinomia antedicha y otras que habían sido descubiertas entretanto. El así llamado "programa logicista" tiene por trasfondo —como explica muy bien Corrado Mangione[2] — "la idea de una 'gran lógica', una lógica unificante y unificada que, establecido oportunamente su lenguaje y sus reglas de inferencia, debe ser capaz de transcribir *deductivamente* toda la matemática". Esta transcripción revela con acierto el cometido específico de los *Principia*, cometido que afronta con admirable rigor.

Aun si en el intento de completar el programa arriba delineado los logicistas encontraron siempre nuevas dificultades, que terminaron por llevar su empresa a la derrota, los *Principia* de Russell y Whitehead conservaron y conservan el papel de obra capital de la lógica del siglo XX.

La idea central de la vía formalista puede remontarse a David Hilbert quien intenta hacer de la axiomatización de las teorías (en primer lugar de la teoría de conjuntos) el instrumento base para demostrar la no contradictoriedad de la matemática. Tras subrayar que la demostración de esta no contradictoriedad es radicalmente distinta para el caso de la geometría y para el caso de la aritmética, Hilbert pone de manifiesto la importancia central de este último problema que se reduce en última instancia a la demostración de la no contradictoriedad de la teoría de conjuntos, o sea del sistema de axiomas en que se basa esta teoría (el primer sistema completo de tales axiomas fue formulado por Zermelo en 1904, pero de inmediato suscitó abundantes críticas de parte de los lógicos y de los matemáticos).

Debe subrayarse al respecto que, mientras la matemática antigua buscaba la garantía de cientificidad de un sistema de axiomas en su presunta evidencia, ahora en cambio se la busca en una condición radicalmente distinta: esto es, en la condición de que de tal sistema no pueda deducirse lógicamente alguna contradicción.

[1] En tres volúmenes: 1ª edición, 1910-1913.

[2] En un capítulo, dedicado precisamente a la lógica del siglo XX, escrito por él para L. Geymonat, *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico*, Garzanti, Milán, 1972.

Es precisamente con el fin de alcanzar este resultado que Hilbert ideó su famosa *Beweistheorie* (teoría de la demostración), cuyo objeto específico no estaría constituido ya por entes matemáticos comunes (como por ejemplo los números) sino por las propias proposiciones matemáticas y sus conexiones, proposiciones que a tal fin deberán traducirse en fórmulas bien precisas que puedan ser exhibidas concretamente. Con tal teoría Hilbert afirmaba poder demostrar, entre otras cosas, que "en matemática no existen los *ignorabimus*" así "la admisión de la resolubilidad de todo problema matemático es no contradictoria".

El punto más característico de la teoría de la demostración refiere la justificación de los procedimientos infinitarios de larguísimo uso en la matemática clásica. Para Hilbert esta justificación no puede provenir de la evidencia intuitiva de tales procedimientos sino del examen formal de las preposiciones a que éstos dan lugar. En otras palabras, Hilbert intenta aún recurrir, en tal justificación, a la evidencia, más limitada a las relaciones combinatorias entre entidades sígnicas, y que por tanto se desarrollan con métodos finitarios "tan elementales que no pueden ser puestos en duda". Su programa buscaba poder arribar así a la justificación finitaria de toda la matemática clásica.

En 1931, sin embargo, Kurt Gödell —trabajando en el marco de la teoría hilbertiana— logró demostrar su famoso teorema de incompletud sintáctica, según el cual en los más sencillos sistemas axiomáticos formales "existen problemas relativamente simples de teoría de los números que no pueden resolverse sobre la base de los axiomas". Este importantísimo resultado ponía término (negativamente) al antedicho programa presentado por Hilbert.

La tercera de las vías antes señaladas se entrelaza manifiestamente con la formalista, si bien diferenciándose en las conclusiones. Así resume su tesis central Corrado Mangione en el capítulo ya citado: "La matemática se identifica con la parte exacta de nuestro pensamiento y su única fuente es la intuición, entendiéndose esta última no en sentido metafísico o místico, sino como capacidad de considerar separadamente determinados conceptos y conclusiones que intervienen normalmente en nuestro pensar habitual". De aquí dos consecuencias:

1) la lógica es una parte de la matemática y por eso no tiene sentido admitir por hipótesis que ésta pueda encontrar en aquélla su propio fundamento;

2) la matemática es independiente del lenguaje (en efecto, ella es pensamiento y no comunicación) y por lo tanto —como escribe uno de los más insignes representantes de la vía en cuestión, Jan Brouwer— "no existe lenguaje alguno, ni siquiera para la matemática pura, que excluya el surgimiento de malentendidos y que con la exactitud asegure libertad de errores". Está claro que el primero de estos dos puntos contrapone el intuicionismo al logicismo, mientras el segundo lo contrapone al formalismo.

Por lo que respecta a los principios de la lógica clásica, Brouwer sostiene que la confianza en ellos depositada proviene del carácter finito de nuestro conocimiento, donde ellos valen sin limitación sólo para conjuntos finitos; la pretensión de considerarlos como universalmente válidos es totalmente ilusoria. Esto vale en particular para el principio de tercero excluido, que rechaza decididamente, como rechaza también la pretensión de fundar una demostración en el siguiente argumento: "para cualquier ente matemático o vale la propiedad *P* o la *no P*"; ello comportará el rechazo de notables sectores de la matemática (en el sentido usual de este término).

Otro insigne representante del intuicionismo, Arend Heyting, delineará en los años treinta una axiomatización de la misma lógica intuicionista, mas atribuyendo a la axiomatización no una función creativa como en las definiciones implícitas, sino una función descriptiva de entes y operaciones recogidas por la intuición (en el sentido antes señalado). En esta axiomatización los habituales conectivos lógicos (conjunciones, disyunciones, etc.) asumen un nuevo significado; en particular la negación asume el significado de "intención" de una contradicción conectada con la intención original.

Recapitulando: para evitar las antinomias que dieron principio a la "crisis de los fundamentos", el intuicionismo ha propuesto renovar completamente la lógica y la matemática "clásicas". De este modo no se buscará tanto resolver las antedichas antinomias sino construir una nueva matemática que, por la forma misma como se la construya, se mostrará exenta de aquéllas.

Consecuencias para el campo matemático y para el campo filosófico de las modernas investigaciones de la lógica

En los primeros decenios del siglo los debates entre los seguidores de las tres corrientes que hemos señalado fueron muy vivaces, sin que ninguna de las tres saliera victoriosa. Particularmente vivaces y fecundas en sus resultados fueron las discusiones entre formalistas e intuicionistas que, como hemos visto, tenían posiciones bastante parecidas en varios puntos (recuérdese lo que hemos dicho acerca de la importancia que Hilbert atribuía a los métodos finitistas en la teoría de la demostración).

Con el transcurso de los años se difundió una atmósfera más tolerante que permitía reconocer los méritos de unos y de otros y precisar sus analogías y sus diferencias.

Uno de los resultados más importantes desde el punto de vista puramente científico fue el nacimiento de nuevas ramas de la matemática a que tales búsquedas dieron lugar, como la teoría de la recursividad, la teoría de los modelos, la teoría de la información, de las categorías.

Pero no menos importantes fueron los reflejos de las modernas investigaciones de lógica matemática en el campo de la filosofía. Se trata del estímulo que ellas llevaron y llevan a los estudios sobre los conceptos de infinito, de efectivo, de resoluble, de racional. Además, si hoy la filosofía del lenguaje ha alcanzado una relevancia de primer orden en el ámbito de las disciplinas filosóficas, no podemos olvidar que el estudio de las estructuras generales en que se basan las distintas lenguas surgió precisamente como ampliación y profundización del estudio de las estructuras lógicas de la matemática.

Se ha llegado finalmente a sostener que toda la filosofía de la ciencia no sería, en rigor, otra cosa que lógica, en la acepción moderna de este término; es decir que el estudio de la estructura lógico-lingüística de las ciencias (de todas las ciencias, incluidas las empíricas) podría darnos la clave para comprender su significado y resolver sus dificultades.

Ahora bien, aun reconociendo que esta atrevida tesis posee una cierta plausibilidad (es indudablemente cierto, como sostiene el intuicionismo, que la matemática —y por lo tanto la lógica como parte suya— se identifica con el sector exacto de nuestro pensamiento), cierto es también que contra ella se pueden elevar dos graves objeciones: en primer lugar que nuestro pensamiento no se agota por entero en su sector exacto, lo que significa que la ciencia no es solamente matemática; en segundo lugar que las relaciones entre el sector exacto y el sector inexacto de nuestro pensamiento son por sí mismas ricas en significado e interés filosófico.

En el segundo párrafo de este capítulo hemos discutido estas relaciones, si bien esquemáticamente, señalando las sugerencias de que el pensamiento inexacto (intuitivo) muchas veces alimenta al pensamiento exacto (recuérdese lo dicho a propósito de las relaciones entre explicandum y explicatum); ahora debemos señalar que existe un problema igualmente grave a propósito de las sugerencias, o mejor de las directivas que el pensamiento exacto (o sea la ciencia matemática) provee a las disciplinas empíricas. Se trata, en otros términos, de analizar las razones que hacen posible la aplicación —tan grande y tan fecunda— de la matemática en todo el espectro de la ciencia moderna.

Reservándonos la vuelta a este importantísimo tema en los próximos capítulos, expresamente dedicados a las ciencias físicas, baste aquí recordar que según Galileo la matemática es tan ampliamente aplicable porque "el libro de la naturaleza" está escrito en términos matemáticos. Pero está claro que se trata de una explicación sólo aparente; y en efecto aquí se podría preguntar: ¿por qué motivo el libro de la naturaleza está escrito precisamente en términos matemáticos? La respuesta que Galileo sobreentendía es la siguiente: "porque ésta ha sido la voluntad divina, en el acto de creación del universo". Mas, obviamente, hoy la filosofía de la ciencia no puede contentarse con apelar a tal misteriosa voluntad. Tanto más porque hoy la matemática está constituida por una serie en continuo desarrollo de disciplinas que se basan en axiomas notablemente distintos entre sí, y por tanto la aserción de que el libro de la naturaleza está escrito en términos matemáticos ya ha perdido el significado unívoco que tenía para Galileo.

Enlace entre intuición y demostración en los desarrollos de la matemática moderna

Lo explicado en las páginas que preceden confirma abundantemente la tesis señalada al comienzo del capítulo, que en la matemática moderna como en la antigua se enlazan permanentemente dos factores —la intuición y el discurso lógico— revelándose ambos esenciales para la investigación científica. Así, sería fácil probar que estos dos factores han ejercitado siempre un papel fundamental en el desarrollo histórico de la matemática.

En el segundo párrafo hemos recordado las sugerencias que la intuición ha dado muchas veces para la elaboración de conceptos exactamente definidos; mas no podemos olvidar que ella ha hecho preciosas contribuciones para la demostración de importantes teoremas.

El término intuición tiene aquí un significado esencialmente psicológico: el matemático "ve" que una cierta curva tendrá un cierto comportamiento, aun antes de haberlo demostrado, o tal vez "ve" que una cierta premisa dará lugar a ciertas consecuencias antes de haberlas obtenido lógicamente, etc. Se trata de una capacidad de extrapolación que estamos acostumbrados a atribuir a la "genialidad" del investigador; en algunos casos ésta logra abrir nuevos caminos que se manifestarán luego muy fecundos. La historia de la matemática está sembrada de estos "golpes de genio" y hay quien vislumbra en ellos el principal motor del progreso científico. Hay finalmente quien sostiene que sólo una intuición semejante está en condiciones de hacernos comprender el auténtico significado y alcance de los grandes teoremas matemáticos.

Ahora bien, es verdad que consideraciones de este tipo parecen tener más en cuenta a la psicología de cada científico que a la filosofía de la ciencia. Es verdad también, que esta psicología no puede ser dejada de lado por el filósofo, si no queremos que sus reflexiones queden flotando en el vacío sin ningún contacto con la realidad de la investigación científica efectiva (y reflejen así los mismos defectos habitualmente reprochados a la metafísica).

Desde un punto de vista puramente formal, cualquier fórmula deducida lógicamente de los axiomas de una teoría puede calificarse como "teorema" de esa teoría; mas en la mayoría de los casos se trata de teoremas "banales", privados de verdadero interés. ¿Pero cómo podemos distinguir a los teoremas importantes de aquellos puramente banales? Por desgracia, ninguna consideración estrictamente lógica está en posición de hacernos conseguir con claridad tal distinción. Sólo una consideración dinámica, es decir de historia de la matemática, está en posición de lograrlo.

Y es precisamente una consideración así la que nos permite constatar la existencia de una dialéctica muy compleja entre intuición y de deducción, no pudiendo ninguna de ambas ser comprendida a fondo si pretendemos estudiarla separadamente de la otra.

Bastará un ejemplo para ilustrar esta situación. Es bien sabido que una primera intuición del espacio nos lo hace concebir como un simple conjunto de puntos (entendidos como elementos constitutivos del espacio); y en efecto así lo concibieron los primeros matemáticos de la antigüedad. Pero un análisis moderno, lógicamente riguroso de la noción de conjunto ha permitido descubrir que ésta posee propiedades en manifiesto contraste con aquellas que intuitivamente atribuimos al espacio. De aquí la necesidad de perfeccionar la primitiva concepción poco antes señalada. Y bien, tal perfeccionamiento ha sido realizado introduciendo una nueva "relación" entre los puntos constitutivos del espacio, relación que la topología moderna suele indicar con el término "contigüidad". En base a tal aporte, y sólo en base a él, ha sido posible transformar el simple concepto de conjunto en un concepto más complicado, provisto de propiedades análogas a las que intuitivamente se atribuyen a la noción de espacio. Pero la antedicha relación de contigüidad puede determinarse de modos distintos, con que se obtendrán distintos conceptos de espacio, cada uno de los cuales dará lugar a la demostración de numerosos teoremas (diferentes de un espacio al otro).

El enlace entre intuición y demostración es aquí tan evidente, que no parece necesario detenerse a subrayar dónde termina la acción de una y dónde empieza la acción de la otra, para dar luego lugar nuevamente a la primera. Su continuo alternarse tiene un carácter que va decididamente

más allá del ámbito puramente psicológico del así llamado contexto de la investigación. En otros términos: son las teorías mismas, esto es los resultados de las investigaciones, que se suceden en una dialéctica de teorías intuitivas y teorías lógicamente rigurosas.

Teniendo en cuenta las relaciones entre un estadio de esta dialéctica y los estadios precedentes, podremos decir que aquél "profundiza" los resultados a que estos últimos habían arribado. Así, en el ejemplo poco antes referido, podríamos decir que la noción de conjunto a la que se ha agregado la relación de contigüidad "profundiza" la noción intuitiva de espacio. Profundizaciones sucesivas se irán alcanzando mediante análisis críticos de los axiomas que se establecen merced a la antedicha relación de contigüidad y confrontando entre sí las características intuitivas de los espacios así definidos (por ejemplo los llamados "espacios V", los espacios métricos, etc.).

Algunos críticos parecen sostener que la categoría de la profundización es demasiado oscura como para poder usarla con alguna utilidad en el campo epistemológico. Se les puede responder que ya en el caso ahora en examen tal categoría no se presenta como oscura sino todo lo contrario, y encontraremos otros casos análogos en los próximos capítulos; por otra parte la pretensión de poder encuadrar la dinámica histórica en categorías tan rígidamente definidas como las que se aplican en la lógica matemática, quizá sea otra cosa que la expresión de un inconsciente, y por esto mismo gravemente peligroso, dogmatismo.

III

El contacto con la experiencia en las teorías físicas

La lógica inductiva y sus límites

Anticipamos que de ahora en más usaremos el término ciencias "físicas" en un sentido general, como sinónimo de "empíricas", o sea de ciencias dedicadas a tratar los objetos del mundo en que vivimos y actuamos.

Como ya hemos señalado al principio del capítulo II, Newton dio a sus famosos *Principia* una estructura análoga a la de los *Elementos* de Euclides; estructura que volvemos a encontrar luego en muchos grandes tratados de física de los siglos XVIII y XIX. Es fácil sin embargo verificar una notable diferencia entre ellos y los *Elementos*. Mientras en estos últimos los axiomas y postulados se consideraban provistos de evidencia intuitiva, no se repetía lo mismo en aquéllos que servían de base a los tratados de cualquier ciencia empírica. Sin duda, también en éstos las proposiciones primitivas (axiomas y postulados) debían poseer su propia evidencia (o mejor, claridad), pero además de ésta debían poseer también un "enganche" con la observación. Es significativo el título que A. M. Ampère dio a su fundamental memoria del año 1826, *Teoría matemática de los fenómenos eléctricos únicamente deducida de la experiencia*. Sin este explícito enlace con la experiencia nos encontraríamos frente a un tratado de matemática, no de física.

¿Mas qué significado podía dar Ampère al término "deducida"? No ciertamente el que se le daba en los tratados de matemática pura donde "deducir" significa obtener en base a bien determinadas reglas de lógica formal. Se trata todavía de "obtener", mas en otro sentido.

Durante siglos se supuso que la tarea de determinar este nuevo sentido correspondía a la lógica inductiva, esto es, se supuso que la lógica inductiva estaba en condiciones de indicarnos reglas precisas para obtener de la experiencia los principios científicos a los cuales ésta debe obedecer. Baste recordar dos nombres entre los muchos autores modernos de lógica inductiva: los de Francis Bacon y John Stuart Mill. Las reglas que ellos propusieron son tan conocidas que no vale la pena detenerse a discutirlas.

Lo cierto es que de todos modos, pronto se nos hizo claro que las reglas de la lógica inductiva no estaban en condiciones de hacernos obtener de la experiencia principios seguros a los que debiese obedecer el decurso de los fenómenos. En otros términos: los principios que regulan el decurso de un grupo cualquiera de fenómenos no podrán ser otra cosa que principios hipotéticos, "sugeridos" por la experiencia y no ya "deducidos" de ella como sostenía Ampère. Se concluye que las teorías físicas tendrán un carácter hipotético. ¿Pero entonces qué tareas podrán corresponder a la lógica inductiva?

El mayor especialista en lógica inductiva de nuestro siglo, Rudolf Carnap, ha dado la siguiente respuesta: la lógica inductiva tiene una sola función, la de determinar qué "grado de confirmación" una cierta experiencia (o sea un cierto dato o, en términos carnapianos, una cierta "evidencia empírica") está en condiciones de dar a una cierta hipótesis; en otras palabras: qué probabilidad está en condiciones de proveer.

Mas, ¿dónde tendrá su origen la hipótesis de que la lógica inductiva tiene la función de determinar la probabilidad?

Sobre este punto la lógica inductiva actual es muy vaga. Podemos en efecto responder que toca a la experiencia sugerirnos los principios de cada ciencia empírica (por ejemplo de la teoría electromagnética o de la teoría atómica o de cualquier otra teoría física). Pero el término "sugerir" es, como ya sabemos desde el capítulo precedente, extremadamente impreciso.

Luego, en el caso de una teoría física no se puede siquiera sostener que sea la experiencia misma la que nos sugiere sus principios. Baste reflexionar acerca del hecho que en algunos casos estos principios están ciertamente en abierto contraste con la experiencia.

Tal es por ejemplo el caso del principio de inercia que siguió el nacimiento de la mecánica moderna con Galileo y Descartes. En efecto, la experiencia no parece sugerir que un cuerpo no sometido a alguna fuerza se mueva con movimiento rectilíneo uniforme, sino que por el contrario parece sugerir los principios de la mecánica aristotélica. En realidad aquél fue el resultado de una larga serie de investigaciones teóricas que condujeron poco a poco a su formulación; recuérdese en particular la teoría del *impetus* ampliamente compartida por las distintas escuelas filosóficas del medioevo tardío.

En rigor, no se puede siquiera aseverar que la experiencia haya confirmado el principio en cuestión. Como muy bien explicó el físico A. Brosellino, "son en cambio las consecuencias del sistema deductivo en que el principio está incorporado, las que han recibido las más vastas confirmaciones y verificaciones. Esta es una situación que se observará cada vez más frecuentemente en el desarrollo de las teorías físicas. No

es común que los principios erigidos en base de las teorías sean directa e individualmente controlables; es en cambio todo el sistema teórico por ellos constituido que, en sus consecuencias, puede ser verificado".[1]

La interrogación a la naturaleza

Reservamos un retorno en el próximo párrafo al tema esbozado en el fragmento recién transcripto, queremos ahora detenernos brevemente en los procedimientos que nos permiten aprender de la experiencia.

En tanto que hasta los tiempos del Renacimiento se entendía que tales procedimientos consistían esencialmente en tomar nota de lo que ocurre en el mundo que nos rodea, desde el comienzo de la revolución científica se ha comprendido que en la experiencia no sólo se observa, sino que también se interroga. Esto significa que en estos procedimientos el sujeto es activo y no sólo pasivo.

Esta actividad se desarrolla ante todo en la preparación del experimento con que se opera la interrogación antedicha: preparación que involucra esencialmente un aspecto tecnológico, referente a los instrumentos a usarse en la observación del fenómeno estudiado y en el registro de los resultados observados. Como se sabe, este aspecto tecnológico se presenta, hoy, cada vez más complejo, por lo cual requiere una organización no disímil de la de las industrias más avanzadas. Esto ha dado lugar a una colaboración entre ciencia y técnica tan estrecha que a menudo no permite hacer una distinción entre ambas actividades.

Mas la preparación del experimento no involucra tan sólo un aspecto tecnológico, sino también uno esencialmente teórico. Para hacer una clara interrogación, es necesario en efecto tener preventivamente una idea de las respuestas que se pueden obtener; es necesario poseer, en forma hipotética, una teoría del fenómeno indagado. Esto se comprendió ya en los primeros pasos de la ciencia moderna[2] y es hoy destacado por todos los epistemólogos (de G. Bachelard a K. Popper).

Esta cuestión se une manifiestamente a un problema que hemos ya referido en el párrafo anterior, esto es el problema concerniente al origen

1 *L'Evoluzione delle Teorie Fisiche e il Senso Comune*, discurso inaugural del año académico 1958-59, Universidad de Génova.

2 He aquí por ejemplo lo que leemos en la *Teoría de los colores* de W. Goethe (1810): "Es extraña la pretensión que a menudo se declara, pero que rara vez se respeta por parte de quien la formula: que se deban presentar las experiencias fuera de toda vinculación teórica". Y análogamente en A. Comte: "Si por un lado toda teoría positiva debe fundarse necesariamente en observaciones, es igualmente evidente, por otro lado, que para dedicarse a la observación nuestro espíritu necesita de alguna teoría" (Curso de filosofía positiva, 1830).

Mas ahora el problema se presenta en una forma aún más sutil, pues la hipótesis cuyo origen se indaga no está ya separada del experimento con que se intenta ponerla a prueba, sino que interviene en la misma preparación del experimento.

Para subrayar las dificultades del contacto entre teoría y experiencia (contacto que caracteriza a las ciencias físicas distinguiéndolas de las puramente matemáticas) bastará ahora agregar algunas palabras acerca de los llamados "experimentos mentales o ideales". Se encuentra ya trazas de ellos en Galileo, quien incluso parece a veces afirmar haberlos llevado a cabo. Pero con mayor seguridad recurren a ella los más refinados "físicos teóricos" de nuestra época, como por ejemplo Albert Einstein. Se trata de experimentos que no pueden realizarse por manifiestas dificultades técnicas, pero cuyos resultados se imaginan aprovechando, en esta imaginación, todos los conocimientos que se tienen del argumento. Estos son proyectados y, por así decirlo, "descritos" con mucha precisión; ciertamente se los discute con mucha seriedad y de estas discusiones surgen a menudo consecuencias de notable peso científico.

¿Deberíamos concluir por eso que son puramente fruto de la fantasía? No, sin duda, pues no son arbitrarios, sino construidos teniendo en cuenta del modo más escrupuloso todas las leyes conocidas que regulan el fenómeno o el grupo de fenómenos estudiados. Mas, ¿con qué derecho podremos afirmar que incrementan el contacto de nuestras teorías con la experiencia? Se trata de una pregunta sobre la cual el filósofo de la ciencia debe reflexionar atentamente, pues por un lado no puede negar que tal género de experimentos va más allá de los datos empíricos, pero por otro lado tampoco puede ignorar la función propulsora que ellos cumplen en el concreto operar de la ciencia. De cualquier modo, todo esto va a demostrar que, cuando se examina el problema filosófico del conocimiento, no en abstracto sino en estrecha referencia a los procedimientos usados efectivamente por la ciencia, la distinción tradicional entre observación y elaboración teórica debe aplicarse con extrema cautela.

Funciones de la axiomatización de las teorías físicas

Volviendo ahora a la afirmación de Borsellino en el fragmento que referimos al final del primer párrafo, recordaremos ante todo que ha sido el físico-epistemólogo francés Pierre Duhem quien sostuvo, en los primeros años de nuestro siglo, que la verificación experimental nunca examina a un único principio sino a toda una teoría entera. El norteamericano W. Quine retomó esta tesis y la enriqueció con profundas reflexiones.

A nuestro juicio ella se basa en última instancia en el hecho de que una única proposición de una ciencia empírica cualquiera no puede —análogamente a cuanto sucede para una proposición matemática— ser comprendida en todo su significado, si no se la refiere al cuadro total de la teoría de la cual forma parte. Es por lo tanto ilusorio pensar que se puede verificar aisladamente.

Cuanto hemos dicho aquí nos induce a poner de relieve la importancia que tiene, también para las teorías físicas (en el sentido general de este término), el hecho de que ellas sean presentadas como sistemas unitarios, provisto cada uno de éstos de una imprescindible coherencia interna.

Es justamente aquí donde es buscada la razón que justifica la aplicación cada vez más amplia de la matemática en el estudio de los fenómenos naturales. En efecto cualquier teoría matemática, sean cuales fueren los postulados en que se basa, posee una solidez que no se encuentra en ningún otro tipo de discurso; por eso, cuando una teoría física es expuesta en términos matemáticos, se presentará como un edificio lógicamente construido donde cada parte está en condiciones de suministrar un sostén a todas las demás.

La exigencia señalada de ver a las teorías físicas, no como conjuntos de proposiciones sin vínculos recíprocos, sino como sistemas compactos de enunciados, condujo a algunos estudiosos en los últimos decenios a aplicar también a tales teorías el método axiomático del que ya hablamos largamente en el capítulo anterior. Ha tenido lugar, así, una rigurosa axiomatización de no pocas de las más modernas teorías de la física, de la química e incluso de la biología. Nótese que esta axiomatización se ha introducido no para eliminar la intrusión de apelaciones tácitas a presuntas verdades intuitivas, como sucede en la matemática, sino para dar mayor espacio a los datos de la experiencia, eliminando toda referencia a pretendidas "sustancias" que estarían por debajo de los fenómenos.

La primera obra de física donde es evidente la preocupación recién señalada de estudiar los fenómenos tal como se nos presentan, eliminando toda referencia a lo que estaría por debajo de ellos, es la *Teoría analítica del calor* (1822) de Joseph Fourier, que puede por lo tanto considerarse como una lejana anticipación de las axiomatizaciones que se aplican actualmente a las teorías empíricas. En tal obra, como explica muy bien Enrico Bellone, "se sugiere poner en el vértice del sistema deductivo un conjunto de proposiciones primitivas, que no verse sobre la 'naturaleza del calor' mas tenga como elementos algunos enunciados representativos de los hechos generales y simples, establecidos mediante la observación común y controlados en laboratorio. Estos enunciados o proposicio-

nes elementales cumplirán un papel fundamental; en efecto, a ellos es reducible, según Fourier, toda clase de proposiciones utilizadas para describir los 'efectos del calor'".[3]

El fragmento transcrito vale para iluminar el doble aspecto de la obra de Fourier: por un lado su aspecto viejo en cuanto aún dominado por la ilusión de que las proposiciones primitivas de la teoría del calor puedan ser directamente establecidas mediante la observación; por otro lado en cambio su aspecto moderno en cuanto dirigida a construir en forma rigurosamente lógica (matemática) la teoría en cuestión sin dar intervención a hipótesis incontrolables sobre la naturaleza del calor.

Este último aspecto es de notable importancia porque nos demuestra que la matematización o la axiomatización de las teorías físicas no está del todo contrapuesta con la acentuación de su carácter empírico. No sin motivo el fundador del positivismo, A. Comte, señaló a la obra de Fourier como ejemplo admirable de trabajo "cuyo carácter filosófico es eminentemente positivo, las leyes más importantes y más precisas de los fenómenos termológicos se revelan sin que el autor se haya preguntado una sola vez cuál es la naturaleza íntima del calor".

La elaboración de las teorías físicas por obra de los neopositivistas

Para hablar de tiempos más recientes, agregaremos que en una línea iniciada por Fourier se puede colocar muchas investigaciones de los llamados neopositivistas. En efecto, también éstos, por un lado sostienen que las teorías físicas, no menos que las matemáticas, deben ser expuestas en un lenguaje extremadamente preciso y riguroso, y por otro lado sostienen que ellas deben atenerse estrictamente a los datos empíricos. Sostienen también —en pleno acuerdo con lo aclarado en el párrafo precedente— que estas dos exigencias no están en contradicción entre sí; según ellos, en efecto, un lenguaje organizado en forma lógica correcta, aún aparentemente abstracto, es en realidad el más idóneo para describir fielmente la experiencia porque resulta capaz de evitar todos los malentendidos y los seudoproblemas que se escondían en los pliegues de las viejas teorías científicas expuestas con el lenguaje común.

El instrumento más ampliamente usado por los neopositivistas para construir un lenguaje capaz de satisfacer las exigencias recién señaladas ha sido el recurso a los símbolos de la lógica matemática, que tal vez han terminado por dar a sus trabajos un carácter algo artificioso e inútilmente

[3] *I Modelli e la Concezione del Mondo nella Física Moderna*, Feltrinelli, Milán, 1973.

complejo. Sin duda el uso de este instrumento requirió un perfecto dominio de los más refinados métodos de tal lógica, dominio que se verifica incontrastablemente en los mayores representantes de la corriente de pensamiento en examen. Es por este motivo que a menudo se da al neopositivismo el nombre, a primera vista desconcertante, de "empirismo lógico".

Nótese que la tarea de reexposición en un controladísimo lenguaje lógico, de las teorías científicas, por lo demás cumplida con éxito por los empiristas lógicos, se ha apoyado sin duda en la tarea que venían elaborando por cuenta propia no pocos científicos, acuciados por exigencias específicas de sus propias investigaciones mucho más que por el deseo de una aún mayor claridad epistemológica. Es por este motivo que a menudo se ha interpretado al empirismo lógico como una simple prolongación del movimiento rigorista, que desde el fin del siglo pasado, se estaba imponiendo en todo el ámbito científico; algunos llegaron al punto de presentarlo como "la filosofía de la fase actual de la ciencia".

Sin negar los méritos que tuvo en la tarea de rigorización de las teorías físicas, parece sin embargo imposible convalidar el juicio recién señalado. Junto al neopositivismo se dieron también otras corrientes de filosofía de la ciencia que contribuyeron de modo relevante al movimiento rigorista de marras. Tampoco podemos olvidar los desmerecimientos a que el neopositivismo se hizo acreedor desde el punto de vista filosófico general, sobre los cuales volveremos más adelante en el presente trabajo. Por ahora baste observar que la presentación de tal corriente epistemológica como "la filosofía de la fase actual de la ciencia" ha dado origen a muchos equívocos y prejuicios, no fáciles de erradicar.

IV

El problema de la explicación en las teorías físicas

El recurso a los modelos en la física tradicional. Los experimentos cruciales

Está fuera de duda que la axiomatización de las teorías físicas ha contribuido en enorme medida, como hemos tratado de explicar en el anterior capítulo, a hacer más rigurosas las teorías físicas y por esto mismo a incrementar su contacto con la experiencia. Es también innegable que muchos físicos miran con una cierta desconfianza al método axiomático (cuando se lo intenta aplicar a las ciencias empíricas) porque, según ellos, tal método, utilísimo para la sistematización de las teorías, en cambio no es útil para promover nuevas investigaciones ni para sugerir una explicación de los fenómenos estudiados. Dicha tarea parece corresponder a la construcción de modelos.

Los primeros modelos de fenómenos empíricos a que comenzaron a recurrir científicos y filósofos de la era antigua, fueron por ellos concebidos como descripciones de la auténtica naturaleza de tales fenómenos (por ejemplo de la luz, del sonido, etc.). Esta misma interpretación de los modelos se reencuentra en los científicos modernos, si bien con una mayor conciencia crítica como por ejemplo en Descartes. En algunos casos, más tarde, se desarrollaron para el mismo fenómeno modelos diferentes, lo que dio lugar a notables polémicas entre los partidarios de uno o de otro, como por ejemplo entre los sostenedores del modelo corpuscular de la luz y los sostenedores del modelo ondulatorio.

Destacamos que los primeros ideadores del método axiomático, o mejor dicho de lo que será el método axiomático, como por ejemplo Fourier a quien ya recordamos en el capítulo precedente, desarrollaron sus trabajos con la explícita intención de no ponerse a favor de uno o de otro modelo (en el caso de Fourier, a favor de algún modelo del calor) y así evitar inútiles e inconducentes polémicas.

El recurso al método de los modelos continuó aún siendo ampliamente practicado en las ciencias empíricas, dando también origen a desarrollos del más alto interés. No rara vez se llegó a identificar teoría y mo-

delo, así como se habla aún hoy de diversas "teorías" de la luz, del calor, de los fenómenos eléctricos, de los fenómenos químicos, etc. según los diferentes modelos a que ellas hacen referencia.

Puede resultar interesante detenerse un momento en la gran controversia en torno de los modelos de la luz que involucró a los más avanzados ambientes científicos hacia la mitad del siglo XIX. Los modelos más ampliamente aceptados en aquella época eran dos: el corpuscular ideado por Newton y el ondulatorio ideado por C. Huygens y perfeccionado por J. A. Fresnel. Tanto uno como otro gozaban de muchas confirmaciones empíricas, pero estaban en manifiesta contradicción entre sí.

De aquí la apasionada búsqueda de un criterio "científico" que pudiese decidir la controversia a favor de uno o de otro. Este criterio se encontró en la determinación de la velocidad de la luz en medios distintos del aire. Se demuestra, en efecto, que del modelo ondulatorio se deduce que la luz debe transmitirse con una velocidad menor en los medios más refringentes que el aire, en tanto que del modelo corpuscular se demuestra que en dichos medios la luz debe transmitirse con velocidad mayor que en el aire. Ahora bien, en 1850 el francés León Foucault inventó un aparato para medir con gran precisión la velocidad de la luz en medios distintos del aire. Con él logró demostrar que en los medios más refringentes que el aire la luz tiene de hecho una velocidad menor que la que tiene en el aire; tal como está previsto en el modelo ondulatorio. Se concluye que este modelo responde a la verdad mientras que el otro es falso.

Se habló de "experimento crucial" a raíz de una expresión usada por Francis Bacon para indicar que el científico se encuentra a veces frente a una bifurcación del recorrido a seguir y debe elegir una de las dos vías. El experimento crucial consistiría precisamente en una prueba que vale para determinar esta elección.

Mas la sutil crítica de Duhem ha demostrado que en la realidad no existen experimentos cruciales.

"El experimento de Foucault no decide entre dos hipótesis de la emisión de las ondas, mas entre dos conjuntos teóricos cada uno de los cuales debe ser tomado en bloque, entre dos sistemas completos, la óptica de Newton y la óptica de Huygens. Pero admitamos, por un instante, que en cada uno de los sistemas todo sea obligatorio, todo posea una necesidad lógica salvo una sola hipótesis; admitamos en consecuencia que los hechos que condenen a uno de los dos sistemas condenarán en forma segura a la sola suposición dudosa que él tiene. Mas, ¿resultará que se puede encontrar en el *experimentum crucis* un procedimento irrefutable para transformar en verdad demostrada una de las dos hipótesis presentes, del mismo modo que la reducción al absurdo de una proporción

geométrica confiere la certeza a la proposición que la contradice? Entre dos teoremas de geometría contradictorios no hay lugar para un tercer juicio: si uno es falso, el otro es necesariamente verdadero. ¿Dos hipótesis de la física constituyen acaso un dilema igualmente riguroso? ¿Osaríamos acaso afirmar que no es imaginable ninguna otra hipótesis? La luz puede ser una rosa de proyectiles, puede ser un movimiento vibratorio cuyas ondas sean propagadas por un medio elástico; ¿le está acaso prohibido ser otra cosa?"[1]

En la introducción que Louis De Broglie ha escrito para la traducción inglesa de la obra de Duhem y que ha sido agregada a la traducción italiana antes citada, el gran físico francés observa lo que sigue: "Se pensaba en la época del escrito de Duhem que este experimento (de Foucault) nos daría una prueba crucial en favor de la teoría ondulatoria de la luz y nos obligaría a rechazar cualquier concepción corpuscular de este ente físico. Duhem declaraba justamente que el experimento de Foucault no era realmente crucial, porque... nada permite afirmar que otra teoría corpuscular fundada sobre postulados diferentes no admita una interpretación del resultado de Foucault... Sabemos en efecto que en el mismo año que Duhem escribía su libro (1905), Einstein introducía en la ciencia la idea de 'cuanto de luz', el fotón, y que hoy la existencia del fotón no es puesta en duda".

El significado hoy atribuible al concepto de modelo

Hoy no se habla más de experimentos cruciales, pero se continúa hablando frecuentemente de modelos. Se habla de ellos en un sentido diferente del antiguo. En efecto, se tiene clara conciencia de que no representan una presunta realidad subyacente a los fenómenos. He aquí por ejemplo lo que escribe R. B. Braithwaite a propósito de uno de los más conocidos modelos introducidos por la física de nuestro siglo: "Los átomos de hidrógeno se comportan, en ciertos aspectos, como si fueran sistemas solares cada uno con un electrón como planeta que gira en torno de un protón como sol. Mas los átomos de hidrógeno no son sistemas solares; será útil pensarlos como si lo fueran, si se nos recuerda continuamente que no lo son".[2]

¿Pero si los modelos no tienen el objeto de representar la realidad, qué otro objeto tendrán? Un primer objeto (el más manifiesto) es hacer fácilmente comprensible el grupo de fenómenos estudiado, hacerlo abordable aún al no especialista. Así sucede por ejemplo con el modelo plane-

1 P. Duhem, *La Teoria Fisica*, Il Mulino, Bologna, 1978, págs. 212-213.
2 *La Spiegazione Scientifica*, Feltrinelli, Milán, 1966, pág. 90.

tario del átomo de hidrógeno, al que hace referencia el fragmento antes citado. Pero también el estudioso especialista podrá sacar provecho de tal modelo pues, partiendo de él, podrá desarrollar algunos cálculos relativos al decurso futuro del fenómeno en examen y los resultados de estos cálculos servirán de primera orientación para la interrogación a la naturaleza que él deberá cumplir en los sucesivos experimentos. En otras palabras: el modelo tendrá la función de primera hipótesis (particularmente útil en tanto intuitiva) acerca de la estructura del grupo de fenómenos en cuestión.

Hemos usado el término "intuitivo" y esto hacer surgir de inmediato la pregunta: ¿se trata quizá de intuición en el sentido discutido en el capítulo II hablando de los axiomas matemáticos? La respuesta es sustancialmente negativa. Aquí el carácter intuitivo de un modelo depende sólo de que hace referencia a nociones ya familiares en la ciencia por estar bien sistematizadas en otro ramo de ella. Por ejemplo el modelo planetario del átomo de hidrógeno hace referencia a la noción sin duda familiar del sistema solar. Y análogamente el modelo ondulatorio de la luz hace referencia a la noción también familiar del movimiento en ondas de una superficie líquida, etc.

Notemos que también en este último caso el peligro, denunciado por Braithwaite, de creer que el modelo sea la realidad está siempre presente y por eso se lo denuncia permanentemente. Así leemos en muchos manuales de física que determinado color corresponde a una cierta longitud de onda, mientras en rigor deberíamos decir: "*aceptando usar* para la luz el modelo ondulatorio, ese determinado color corresponde a esa determinada longitud de onda..." Pero la realidad es que el uso del modelo en cuestión se ha hecho tan habitual, que ya no se considera necesario hacer explícita referencia a él.

No debe olvidarse sin embargo que hábitos del tipo recién descrito se han revelado a veces como graves obstáculos para el progreso de la ciencia, aún en tiempos muy recientes. Basta un ejemplo, tan simple que puede parecer casi banal. El modelo habitual del átomo ha sido por mucho tiempo el de la "pelotita" extremadamente pequeña. Este mismo modelo nos ha arrastrado a atribuir a los átomos propiedades análogas a las de las pelotitas, pero esa misma atribución dio lugar luego a los más graves malentendidos. Escribe a propósito Kurt Mendelssohn: "hoy nos damos cuenta de que una desaprensiva extrapolación de las bolas de billar y los granos de arena a las propiedades de objetos de dimensiones atómicas fue el vicio cardinal de la física clásica que llevó a su caída. Pero es siempre fácil ser sabios después de los hechos".[3]

[3] *La Probabilità entra nella Fisica*, en A. L. Crombie (ed.), *Svolte decisive in fisica*, Boringhieri, Turín, 1961.

Un lugar destacado en la gran familia de los modelos lo ocupan hoy los llamados "modelos matemáticos" que tienen por tarea específica "simular" un fenómeno natural. Ellos no parecen intuitivos, al menos a primera vista, mas en realidad lo son para quien está al corriente de las nociones matemáticas y lógicas en ellos empleadas. El primer paso para construir un modelo matemático consiste a grandes rasgos en la búsqueda de una estructura matemática isomorfa al fenómeno a estudiar (físico, económico, psicológico, etc.) que haya sido previamente expuesto en un lenguaje formal riguroso. El segundo paso consistirá en la determinación de todas las propiedades de tal estructura y de las consecuencias que de ellas se obtienen; esta determinación es una operación de carácter exquisitamente matemático en la que se busca la misma raíz de la fecundidad del modelo. Se tratará luego de retornar, con los resultados así obtenidos de la estructura matemática, al fenómeno en examen, mediante el isomorfismo de que se habló en el primer paso.

Una de las ventajas de los modelos matemáticos es que se pueden variar fácilmente, en teoría, las condiciones con que en hipótesis se desarrollaría el fenómeno a estudiar, determinando de tanto en tanto (por ejemplo con la ayuda de un ordenador electrónico) cuáles serían las consecuencias obtenibles de cada una de estas hipótesis y finalmente eligiendo de entre ellas la que mejor nos permita simular el curso efectivo del fenómeno.

Si se sabe que en las ciencias, entendidas modernamente, está siempre presente una idealización de los fenómenos, podemos aquí agregar que tal idealización alcanza en los modelos matemáticos su punto más elevado.

El problema de la objetividad de la ciencia: el pragmatismo

Concluyendo cuanto hemos expuesto resumidamente en los dos párrafos anteriores, podemos ahora decir que la explicación de los fenómenos físicos (entendiendo siempre este término en el sentido más general posible) aparece como algo extremadamente subjetivo. Hemos afirmado en efecto que ella tiene lugar a través de los modelos, y sabemos ahora que la aceptación (y la construcción) de un modelo es un hecho sin duda subjetivo, estando ligada al carácter más o menos intuitivo de tal modelo, carácter que depende manifiestamente del patrimonio de nociones científicas que posee cada investigador (por ejemplo, del hecho de que él sepa o no lo que es el sistema solar, o lo que es la longitud de onda de un movimiento ondulatorio).

Si además tenemos en cuenta cuanto hemos afirmado en el primer párrafo del capítulo anterior acerca del carácter meramente hipotético de los axiomas de una teoría física cualquiera (que no son "deducidos" sino sólo "sugeridos" por la experiencia), podemos ahora preguntarnos: ¿pero entonces las ciencias físicas carecen de un auténtico valor objetivo? Por cuanto una respuesta positiva a esta pregunta podría parecer sustancialmente justificada por las consideraciones que preceden, es un hecho que la posibilidad de dicha respuesta disgusta a gran parte de los hombres de nuestro tiempo, que están acostumbrados a ver en la ciencia moderna el instrumento más válido para conocer el núcleo profundo de la realidad. Habrá que tratar por lo tanto de encontrar una vía capaz de conciliar los resultados de nuestra indagación crítica con la atribución a la ciencia de un valor objetivo.

La vía más simple para lograr este fin la proveyó el pragmatismo que, por un lado, viendo en la ciencia una actividad esencialmente práctica, reconoce su dependencia directa del sujeto o, para ser más precisos, de las manipulaciones de cada científico, pero por otro lado, puede sostener que ella posee un valor de verdad, en cuanto el criterio de este valor sería otorgado por el éxito práctico de las teorías científicas, o mejor aún de sus aplicaciones. Este criterio nos permite, por ejemplo, afirmar que la física cuántica, no obstante los numerosos factores subjetivos presentes en su construcción, es "más verdadera" que la clásica que a primera vista podía parecer más objetiva, porque nos ha permitido descubrir y dominar fenómenos que la otra no estaba siquiera en condiciones de imaginar.

Sin embargo la vía, sin duda simple, provista por el pragmatismo se muestra en un análisis un poco más profundo muy lejos de ser plenamente satisfactoria. En efecto, la noción misma de éxito práctico parece bastante ambigua y por cierto no idónea para proporcionar a las proposiciones de la física (incluyendo en esta expresión a las llamadas "leyes" ya establecidas por las varias ciencias empíricas) alguna garantía que vaya más allá del momento en que se ha constatado tal suceso. ¿Quién nos asegura por ejemplo que una ley, hoy "probada" tras innumerables aplicaciones, continuará mostrándose plena de aplicaciones (o sea coronada por un éxito efectivo) también en el futuro, también en condiciones radicalmente distintas de las actuales?

En otras palabras: ¿cómo podemos sostener que una teoría científica posee un auténtico valor objetivo, sólo en base al actual (y en cierto sentido provisorio) éxito de sus aplicaciones? Una de dos: o sostenemos que su éxito práctico "testimonia" que ella posee un cierto valor cognoscitivo, y entonces se entiende que la teoría en cuestión tiene efectivamente una validez objetiva; o si no, sostenemos que ella se identifica con la

tica, y entonces de la riqueza de sus aplicaciones podemos recabar alguna garantía acerca de su validez objetiva.

La defensa del valor objetivo de las ciencias: el marxismo

La conclusión del párrafo precedente no debe entenderse como una condena sumaria al pragmatismo, que ha tenido en realidad muchos méritos, el primero de los cuales consiste en haber evidenciado la estrechísima ligazón entre ciencia y técnica. Ya hemos hablado de la importancia de esta ligazón en el capítulo tercero (segundo parágrafo) en cuanto hemos puesto el acento en la colaboración entre las dos actividades en la preparación de los grandes experimentos con los cuales el científico moderno interroga hoy a la naturaleza. Las relaciones entre la ciencia y la técnica han sido distintas de una época a otra. En el Renacimiento por ejemplo, fueron muy estrechas; en el caso de Galileo, su obra científica más importante (*Los Discursos en torno de dos nuevas ciencias)* ha sido interpretada por un lúcido estudioso del pensamiento galileano, Adriano Carugo, como un verdadero tratado de ingeniería además de ser un tratado de ciencia pura. Recién en el siglo XIX la técnica fue rebajada al rango de ancilla de la ciencia, es decir, simple ejecutora de los dictados que ésta estaba en condiciones de darle. En nuestro siglo en cambio se ha reconocido nuevamente el aporte original de la técnica, que en muchos casos se revela capaz, no sólo de aplicar las leyes ya descubiertas por la ciencia, sino también de sugerir a esta última nuevos problemas e incluso nuevas ideas.

Sin duda el pragmatismo fue una de las filosofías de nuestra época que más claramente comprendió el valor de la técnica y por lo tanto la función esencial que ella cumple en el mundo moderno, no sólo para el incremento de la riqueza de la humanidad, sino también para el enriquecimiento del pensamiento. La tesis que poco antes criticamos según la cual la garantía del valor objetivo de la ciencia debe buscarse en el éxito práctico de las aplicaciones de las teorías científicas, adquiere bajo esta luz un significado bastante diferente. Ella nos dice que el problema del valor objetivo de la ciencia se ve en el cuadro general de las relaciones ciencia-técnica, y sólo en este cuadro puede resolverse. Y así también se resuelve en él el problema de la explicación científica, porque es precisamente en el cuadro de las relaciones ciencia-técnica que los modelos revelan su función y su carácter no puramente ligados a cada investigador.

En efecto los modelos que se usan en una fase del desarrollo de la ciencia para explicar uno u otro fenómeno no se "inventan" al acaso, no se eligen arbitrariamente, sino que se los construye sobre la base de las

adquisiciones teórico-prácticas realizadas en dicha fase. En suma, ellos están insertos en la historia y no se los puede valorar fuera de ella. Y así debe ocurrir con las explicaciones científicas que tienen sin duda un valor objetivo, pero *en* la historia y no *fuera* de ella.

Hemos escrito, poco más atrás, que el pragmatismo ha sido una de las filosofías de nuestra época que ha comprendido con mayor claridad el valor de la técnica también para el enriquecimiento del pensamiento. Hay sin embargo otra corriente filosófica moderna que ha comprendido igualmente bien este valor, en cuanto ha comprendido la función esencial de la praxis para el conocimiento; se trata del marxismo.

Con una notable diferencia, no obstante: mientras el pragmatismo considera el recurso a la praxis como "criterio local" de verdad, es decir como criterio aplicable a cada teoría por no decir a cada proposición (considera por ejemplo que la validez objetiva de una ley científica puede probarse por el éxito práctico de sus aplicaciones), el marxismo en cambio atribuye a la praxis la función de "criterio global" de verdad, aplicable no a cada teoría sino al edificio entero de la ciencia.

Este criterio intenta probarnos que la ciencia está provista de un auténtico valor objetivo y que otro tanto puede decirse de sus explicaciones, aunque sin embargo el término "objetivo" no debe confundirse con el término "absoluto". Una ley que tenga un valor absoluto (o una explicación que tenga un valor absoluto) sería una ley (o una explicación) de carácter metafísico, no retocable, no transformable, no profundizable, mientras estos requisitos no son requeridos por lo que nosotros consideramos objetivo.

Pero sobre la diferencia entre objetivo y absoluto tendremos todavía muchas ocasiones de volver en nuestra indagación acerca de la estructura y del significado de la ciencia.

V

El problema de la especialización

Origen y significado de la especialización de las ciencias

La antigua pretensión de que la filosofía constituye la "ciencia de las ciencias" y que a ella corresponde la tarea de determinar *a priori* la esencia de cada una de las ciencias particulares, sus límites y sus relaciones, se ha desvanecido hace tiempo. Sobrevivió sin embargo hasta el siglo XVIII la idea de que existiese una ciencia preeminente sobre todas las otras, o, si se quiere, de que existiese una ciencia única a cuyo criterio valuar la cientificidad o no cientificidad de las otras disciplinas. Esta "superciencia" era la matemática.

Típico asertor de esta tesis fue Kant, quien llegó a sostener que "la doctrina de la naturaleza contendrá tanta ciencia propiamente dicha cuanta sea la matemática que en ella se pueda aplicar" y, precisamente por este motivo, negó la cientificidad de la química (que no obstante por aquellos años había realizado grandes avances por mérito de A. L. Lavoisier) y de la psicología (entendida como "doctrina empírica del alma"), en cuanto la matemática no 'podía', al menos en su época, ser aplicada a ellas.

En realidad Kant tomaba en consideración sobre todo a la matemática racional y a la astronomía totalmente basada en ella, que a sus ojos y a los de muchos de sus contemporáneos venían a calificarse, por la gran cantidad de matemática en ellas aplicada, como ciencias físicas por excelencia. Un modo de ver no muy diferente se encuentra, unos años más tarde, en el gran astrónomo y matemático P. S. Laplace.

Mas entretanto varias otras ciencias, sobre todo la química que Kant había calificado como "nada más que arte sistemática o doctrina experimental", venían desarrollándose rápidamente e imponiéndose a la atención de todos los estudiosos. En las primeras décadas del siglo XIX la situación había cambiado tanto que requirió ya el abandono de la tesis (de Kant y de todos los principales iluministas) acerca de la absoluta preeminencia de la matemática sobre todas las ciencias.

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. R.

Esta nueva situación se refleja claramente en la obra de A. Comte cuya figura es particularmente interesante desde un punto de vista histórico y teorético porque por un lado él puede considerarse aún ligado a la mentalidad iluminista, pero por otro lado ya participa de la nueva atmósfera cultural del siglo XIX habiéndose formado en un ambiente (el de la Ecole Polytechnique) donde comienzan a sentirse los efectos de la naciente especialización de las investigaciones científicas y de la producción industrial. Es significativo que Comte se dé perfectamente cuenta de que el disgregarse de la vieja cultura unitaria del Iluminismo no es un hecho casual sino el efecto necesario del desarrolllo mismo de las ciencias. He aquí sus palabras acerca de este asunto: "En el estado primitivo de nuestros conocimientos no existe ninguna división regular entre los trabajadores intelectuales; todas las ciencias son cultivadas simultáneamente por las mismas mentes... (Sin embargo, a continuación) por una ley cuya necesidad es evidente, cualquier rama del sistema científico se separa insensiblemente del tronco. Es evidentemente a esta repartición de los diversos géneros de investigaciones entre diversos órdenes de científicos que debemos el desarrollo tan notable alcanzado en nuestros días por cada clase distinta de los conocimientos humanos... Mas, aun reconociendo los prodigiosos resultados de esta división, aun vislumbrando en ella la verdadera base de la organización general del mundo científico, es imposible por otra parte no sentirnos golpeados por los inconvenientes capitales que ella genera en su estado actual, por la excesiva particularidad de las ideas que ocupan de manera excluyente a cada inteligencia individual". Es precisamente para poner remedio a esta "anarquía científica", a este "unánime rechazo de los científicos a toda especie de generalidad", a su "predilección exclusiva, viciosamente sistematizada, por las especialidades cada vez más restringidas", que Comte construye su famosa clasificación de las ciencias.

Según ella las ciencias fundamentales son solamente seis: matemática, astronomía, física, química, biología, sociología. Las disciplinas particulares en que cada una de éstas se articula son simples capítulos a los cuales no podemos reconocer una auténtica autonomía. En cambio las seis ciencias fundamentales tienen funciones, métodos, estructuras efectivamente bien distintos, donde sería un grave error querer reducirlos a una unidad, subordinándolos completamente a la matemática. Cada una de ellas evoluciona según la misma ley (la ley de los tres estadios), pero esta evolución se actualiza en tiempos bien distintos de una ciencia a la otra de tal manera que ninguna de ellas podrá alcanzar el estadio auténticamente científico si no lo han alcanzado ya las ciencias que la preceden en la antedicha clasificación.

Se trata, como es obvio, de una primera respuesta de la filosofía al gran fenómeno histórico de la especialización: respuesta que reconocía su ineludibilidad, pero al mismo tiempo trataba de establecer un límite. Este límite fue en poco tiempo sobrepasado, pero esto no disminuye la importancia y el significado de la tentativa.

Ventajas y desventajas de la especialización de las investigaciones científicas

Como poco antes pusimos de relieve, el fenómeno de la especialización de las ciencias tenía —desde el principio del siglo XIX— un carácter histórico inevitable. En efecto, no hacía sino reproducir, dentro de la organización de las investigaciones, una de las más típicas situaciones que se venían imponiendo en la naciente industria por evidentes razones económicas: la subdivisión del trabajo. Como ésta buscaba incrementar la producción de las mercaderías, así aquélla se hacía necesaria para incrementar la productividad científica. La primera ventaja de la especialización es que una precisa delimitación de los campos de estudio —no sólo de aquellos de las ciencias fundamentales como pretendía Comte sino también de aquellos de sus "capítulos" y "subcapítulos"— permite a cada investigador asimilar en breve tiempo las técnicas que en cada campo se aplican habitualmente y por lo tanto ponerlas rápidamente a disposición de la investigación sin dispersar sus propias energías en mil direcciones. Pero hay también otro aspecto, no menos importante. Con las investigaciones especializadas nacen también los lenguajes específicamente construidos por cada ciencia para denotar en general y en particular las experiencias que ella pretende tomar en consideración en los fenómenos indagados: lenguajes que favorecen en muy gran medida la exactitud de las expresiones, el rigor de los razonamientos, la clarificación de los principios que forman la base de cada teoría. Precisamente esta especialización y tecnificación de los lenguajes de cada ciencia ha sido una de las características que ha diferenciado mayormente a las investigaciones del siglo XIX respecto de las del siglo precedente, permitiendo superar abundantes obstáculos que antes habían parecido insuperables.[1]

Tal especialización y tecnificación de los lenguajes científicos ha tenido sin embargo otra consecuencia bastante menos positiva. Pues esta situación hizo surgir en el científico especialista una tendencia a encerrarse en su propia disciplina, sin siquiera preguntar si ella necesitaría de al-

[1] Como se recordará, hemos ya subrayado en el segundo párrafo del capítulo I la importancia asumida por el lenguaje en la ciencia moderna.

guna integración o de una coordinación con el trabajo de investigadores empeñados en otros campos de estudio; también surgió una efectiva dificultad para controlar el auténtico rigor de argumentaciones desarrolladas con un lenguaje distinto del propio.

Se dio así una fragmentación de la ciencia en numerosas ciencias particulares, dando lugar a un mosaico de resultados concretos donde no se encontraba trazas, salvo tras gran dificultad, de un perfil provisto de la más mínima organicidad. Se trata de la situación que en el 1900 David Hilbert veía ya dominante en todas las ciencias de la naturaleza y de la cual quería ver librada al menos a la matemática: situación que conduce a cada científico (o grupo de científicos) a un aislamiento cada vez mayor, en cuanto lo provee de un lenguaje, de una problemática y de una metodología totalmente incomprensibles para quien no cultiva la misma especialidad. Es la falta de interés que Comte lamenta, por parte de los científicos especialistas en "toda especie de generalidad", y de aquí la separación cada vez más marcada entre ciencia y filosofía. Es precisamente este desinterés filosófico lo que da origen a la llamada "neutralidad" de la ciencia, que es ante todo "neutralidad teorética", o sea negativa a admitir que la ciencia pueda de algún modo comprometerse en problemas no específicos.

Contra el especialismo como cerrazón mental

¿Es posible un desarrollo de la especialización sin que ello comporte una clausura en el especialismo? Se trata de una cuestión de la máxima importancia, no sólo y no tanto para la filosofía de la ciencia, cuanto para el destino de la cultura y de la civilización. El deinterés filosófico de los científicos encerrados en su propio especialismo ha llevado a consecuencias, aparentemente contrarias mas en realidad correspondientes entre sí.

1) La primera es que ellos, aun declarándose contrarios a toda filosofía, en realidad no rara vez se hacen sostenedores de una mala filosofía. Esta consecuencia que reveló sus efectos nocivos en amplios ambientes científicos del siglo pasado ha sido analizada con indudable penetración por F. Engels, quien la hizo objeto de una áspera polémica, muy significativa en su tiempo, pero que afortunadamente ha perdido gran parte de valor en nuestra época. Resulta pues muy interesante reportar en detalle sus palabras: "Los científicos creen liberarse de la filosofía ignorándola o insultándola.

"Mas dado que sin pensamiento no avanzan y para pensar tienen necesidad de determinaciones de pensamiento —y así aceptan inconscientemente estas categorías del sentido común de las personas cultas, dominadas por los residuos de una filosofía hace mucho tiempo desaparecida, o de aquel poco de filosofía que han escuchado obligatoriamente en la universidad (que además de fragmentaria, es una mezcolanza de las concepciones de personas pertenecientes a las escuelas más diversas, y a menudo peores) o de la lectura acrítica y asistemática de escritos filosóficos de toda especie— no son en efecto menos esclavos de la filosofía, mas lo son la mayor parte de las veces, por desgracia, de la peor: y aquellos que más insultan a la filosofía son precisamente esclavos de los peores residuos vulgarizados de la peor filosofía".

2) La segunda consecuencia del desinterés antedicho es que la ciencia se ha marginado de la cultura (ésta en efecto, se quiera o no, ha tenido siempre como eje portador justamente a la filosofía). De aquí nace la famosa separación de las "dos culturas" (la científica y la humanística) o, más precisamente, la formación de una cultura avejentada, insensible a las exigencias de nuestro tiempo.

Vale la pena referir sobre este punto una aguda observación de Elio Vittorini: a su parecer "la cultura siempre se basa en la ciencia; siempre contiene a la ciencia" salvo que la actual, habitualmente llamada "cultura humanística" es en rigor "una cultura viejo-científica", esto es una cultura irremediablemente vieja y por tanto inadecuada a nuestra época.

¿Pero cómo podrá transformarse en una cultura nueva, adecuada a nuestra época, si los científicos, encerrados en su especialismo, continúan evitando asumir cualquier serio interés en los problemas generales?

El realismo como remedio a la cerrazón de la ciencia especialística

Examinando bien las cosas, se ve que la cerrazón de que hemos hablado es una consecuencia directa de la especialización y tecnificación de los lenguajes científicos, sobre todo cuando se tiende —como ocurre en algunas corrientes epistemológicas recientes— a enfatizar el aspecto lingüístico de las ciencias. Sí, en efecto, las ciencias son reducidas a refinadísimas construcciones lingüísticas privadas de objeto, si se opta por formas de solipsismo lingüístico que niegan la posibilidad de salir del universo constituido por el lenguaje, entonces es obvio que ciencias que operan con lenguajes radicalmente distintos no puedan ser otra cosa que edificios cerrados, aislados, incomunicables el uno con el otro y tanto más con la filosofía que por cierto posee un lenguaje diferente del suyo.

De aquí la importancia, también para superar la cerrazón del especialismo, de resolver el problema de si la ciencia es capaz de tomar una realidad objetiva. En apariencia se diría que una solución realista del problema del conocimiento no tiene ninguna relación con el de la cerrazón especialística. Por el contrario, se puede demostrar que los dos problemas están muy unidos entre sí: en efecto, si se concluye el análisis filosófico de las ciencias con la afirmación de que ellas están en condiciones de tomar (o mejor de aproximar) una realidad objetiva, entonces resultará claro que no constituyen edificios cerrados. Ellas nos harán tomar sin duda aspectos diferentes de la realidad, pero ésta constituirá el punto común al cual confluyen. Y precisamente la existencia de este punto nos ofrecerá la vía para hacerlas salir de su cerrazón y para dar un significado general (por esto mismo cultural) a sus descubrimientos.

VI

El problema de la unificación de las ciencias, hoy

La reducción de una ciencia a otra como primera vía para resolver el problema de la unificación

Hemos visto en el capítulo precedente que la especialización de las ciencias ha favorecido en el siglo XIX una fragmentación del saber científico en numerosas ramas aisladas la una de la otra, y hemos discutido también el significado y las consecuencias filosóficas a menudo bastante graves de tal fragmentación. Ahora queremos retomar el problema con particular referencia a nuestro siglo.

Obsérvese ante todo que en nuestro siglo nos encontramos frente a un movimiento inverso: movimiento que tiende así a la unificación de las ciencias. Esto fue estimulado entre otras cosas por las exigencias de la técnica. A propósito escribe Joergen Joergensen:[1] "La unidad de la ciencia constituye la fase de las aplicaciones de la ciencia, en cuanto éstas dependen de la combinación de premisas inducidas por diversas disciplinas científicas en serie de inferencias conectadas entre sí".

A decir verdad ya en el siglo pasado hubo algunas tentativas tendientes a superar la barrera que separaba entre sí a tales ciencias, mas como veremos en los próximos párrafos el problema se encara hoy de un modo del todo diferente. Estas tentativas se detuvieron en particular en la barrera que separa (o parece separar) a las ciencias del mundo inorgánico, es decir la física (en sentido estricto) y la química, de las ciencias del mundo orgánico o ciencias de la vida. El problema se centraba sobre las leyes de estas ciencias, y se traducía esencialmente en la siguiente pregunta: ¿es posible reducir las leyes biológicas a leyes físico-químicas o acaso las leyes biológicas poseen algunos caracteres que las tornan irreductibles a las físico-químicas?

[1] Esta y otras citas son extraídas de su artículo insertado en el noveno fascículo de la *International Encyclopedia of Unified Science* (traducción italiana *Neo Positivismo e Unità della Scienza*, Bompiani, Milán, 1958).

El problema se discutió particularmente en el ámbito de los cultores de la biología quienes, plegándose a dos distintas corrientes ya presentes en siglos anteriores, se subdividieron en dos campos en abierta polémica entre sí: los llamados mecanicistas, sostenedores de la posibilidad de explicar los fenómenos biológicos mediante las adquisiciones más recientes de la física y de la química, y los llamados vitalistas que negaban resueltamente esta posibilidad aseverando en cambio que, para explicar tales fenómenos, sería menester apelar a una "fuerza vital" no metafísica sino natural, totalmente diferente de las fuerzas a que hacen referencia la física y la química.

El conflicto entre estos dos campos prosiguió con cambiantes vicisitudes hasta la primera mitad del siglo XX, en la práctica hasta el descubrimiento de la llamada "biología molecular" que alteró profundamente los términos del problema.

A tal conflicto se agregó, además, aquél, en cierto sentido análogo, entre quienes sostenían la posibilidad de reducir los fenómenos psíquicos al ámbito de los fenómenos biológicos, y quienes negaban tal posibilidad defendiendo en cambio la plena autonomía de la "vida del espíritu".

Los asertores del dualismo "ciencias del mundo orgánico"-"ciencias del mundo inorgánico", como los asertores del dualismo "ciencias del espíritu"-"ciencias biológicas", no se limitaron a sostener la plena autonomía de los objetos específicos de que se ocupan las antedichas ciencias, sino también la total diferencia de sus métodos. Sus adversarios sostuvieron en cambio que, en última instancia, todas las ciencias de la naturaleza deben recurrir, si realmente quieren merecer el título de ciencias, al mismo método experimental quizás adaptado a sus distintos objetos de estudio, así que también desde este punto de vista ambos dualismos que hemos citado no resultarían tener fundamento real alguno.

Es obvio que estos argumentos se prestaron a muchos debates no sólo entre científicos sino también entre filósofos de la ciencia, al igual que la noción —en ellos subyacente— de "reducción" de una ciencia a otra. ¿Qué significado tiene exactamente esta reducción? ¿Está ella verdaderamente en condiciones de anular las diferencias entre las categorías empleadas por la "ciencia secundaria" y aquéllas de la "ciencia primaria" a la cual debe ser "reducida" la primera? Si bien estas cuestiones no parecen suscitar hoy el interés que se les atribuía unas décadas atrás, debe reconocerse que no son en absoluto *despreciables*.[2]

[2] Para un tratamiento particularizado de estos argumentos, véase el volumen de Ernst Nagel, *La Struttura della Scienza* (trad. it. Feltrinelli, Milán, 1977).

La unificación de los lenguajes científicos: el fisicalismo

En la primera mitad de nuestro siglo la contribución más importante para la unificación de las ciencias la dio la famosa *Enciclopedia internacional de la ciencia unificada* (habitualmente conocida como *Enciclopedia de Chicago*), cuya redacción representa una de las etapas fundamentales de la evolución del neopositivismo.

La característica más interesante de tal *Enciclopedia* es que ella no propone ya una unificación de las leyes de las diferentes ciencias de la naturaleza, mas traspasa el problema de la unificación de las ciencias del plano de las leyes al plano del lenguaje. Hay —escribe Carnap, uno de los máximos artífices de tal *Enciclopedia* "una común base de reducción para los términos de todas las ramas de la ciencia", base constituida por "una clase muy restringida y homogénea de términos del lenguaje cosal físico" donde por lenguaje cosal físico se entiende "aquel sublenguaje que es la parte común del lenguaje ordinario y del lenguaje físico".

Tras esta precisión, Carnap concluye "tal unidad de términos es ciertamente menos potente y eficaz de cuanto sería la unidad de las leyes, pero es condición necesaria para la unidad de las leyes"; conclusión ésta que en cierto sentido disminuye el interés de los debates a que nos hemos referido en el párrafo precedente, pero que intenta abrir una nueva vía, más moderna, a lo largo de la cual orientar tales debates.

Como es bien conocido, la tesis recién señalada constituye el núcleo central del "fisicalismo" que representó —según hemos ya recordado— una de las fases más importantes del desarrollo de la corriente neopositivista. En torno de ella se encendieron muchas y vivaces discusiones entre los mismos neopositivistas: discusiones que para ser sinceros, interesaron más a los filósofos que a los científicos militantes. Baste aquí agregar que la tesis según la cual los diversos lenguajes científicos serían reductibles a un único lenguaje base (el fisicalista) parece sustancialmente dogmática, no obstante los notables esfuerzos dirigidos a fundarla sobre sutiles análisis de carácter sintáctico-semántico.

No faltaron sin embargo autores que presentaron al fisicalismo en forma más crítica, o sea no como una tesis ya sólidamente constituida, sino como "obra de creación de una conexión cada vez más estricta dentro de la esfera de las ciencias" (Joergen Joergensen) obra destinada a conservar un gran valor como programa de trabajo, si bien no podrá ser nunca concluida. Y a este respecto Joergen Joergensen agrega, para mayor claridad "aun si se encontrara que existen efectivamente conceptos irreductibles al lenguaje cosal, ello no dejaría sin valor a la idea de la unidad, mas mostraría simplemente que es necesario elegir como lenguaje

de la unidad a un lenguaje distinto del cosal el que podría ser perfectamente posible, si bien naturalmente se deberá procurar siempre que las proposiciones de tal lenguaje tengan un significado racional".

Interpretado bajo esta luz, el fisicalismo pierde gran parte de aquel carácter dogmático que tenía —como ya notamos— en la primitiva presentación de Carnap; asume así un peso relevante en el proceso de unificación de las ciencias al menos porque subraya la importancia esencial que para los fines de la unificación antedicha tiene la consideración de los medios de expresión (que se pretenden cada vez más precisos y rigurosos) de las teorías científicas.

Si es cierto que el científico investigador suele admitir, casi sin discusión, la posibilidad de una utilización de sus propios descubrimientos en todo campo de estudio, y con ello admite una fundamental unidad de los lenguajes científicos, cierto es también que esta unidad no es de por sí ciertamente obvia, en particular a causa de la especialización de las ciencias de que tratamos largamente en el capítulo precedente, y a causa de la tecnificación de los lenguajes usados por cada una de las ciencias, que vuelve cada vez más difícil traducir los resultados de una de ellas en el lenguaje de otra y tanto más en el lenguaje ordinario. Estos obstáculos nos obligan a reflexionar con mucha seriedad sobre la hipótesis de la unidad de los lenguajes científicos, admitida en forma demasiado acrítica por muchos científicos y por el hombre común. Es una reflexión que el filósofo de la ciencia debe poner en primer plano en sus programas de trabajo, y que lo puede llevar a resultados de gran relevancia desde el punto de vista puramente científico.

La unificación de las ciencias buscada en la unidad de su método

En la segunda mitad de nuestro siglo el programa fisicalista fue en gran parte abandonado y así la unificación de las ciencias buscada sobre otra vertiente, distinta tanto del proceso de reducción de las leyes de una ciencia a las de otra (señalado en el primer párrafo) como del proceso de unificación de sus lenguajes. Dicha vertiente se buscó sobre la base de la unidad del método, por obra sobre todo de Karl Popper.

Este sostiene en efecto que todas las ciencias proceden en última instancia con un mismo método: el método de la falsificación. Esto no significa que no apliquen métodos distintos, adecuados a su específico campo de estudio, mas se trata de métodos particulares, que se encuadran, todos, en el método general señalado. Según Popper éste y sólo éste está en condiciones de caracterizar al saber científico. En otros términos: las ciencias auténticas son únicamente aquellas que no pretenden en modo alguno lograr verdades irrefutables, sino que saben que sus resultados pueden ser siempre falsificados. Si, al contrario, éstos son formulados de manera de no poder ser falsificados, ello demuestra que no se trata de teorías científicas; por ejemplo, según Popper, el psicoanálisis y el marxismo no son auténticas ciencias porque no satisfacen el criterio de la falsabilidad.

Mientras los neopositivistas sostenían que el criterio de cientificidad de una teoría no puramente lógica o matemática consiste en su verificabilidad empírica (¡y sabemos por el capítulo III cuántas dificultades encuentra tal verificación empírica!), en cambio para Popper y sus secuaces el único criterio de cientificidad consiste, como ya hemos dicho, en la falsabilidad: criterio éste —él afirma— de mucha más fácil aplicación, y de cualquier modo siempre aplicable aun a las proposiciones universales como las leyes científicas que nunca pueden ser efectivamente verificadas (en efecto una ley afirma algo para una infinidad de casos, y esta infinidad de casos nunca es enteramente verificable, mientras basta un caso contrario para falsificar a la ley en cuestión).

Por cuanto respecta al problema de la unificación, podemos ahora decir que éste se resuelve en el simple hecho de que todas las ciencias son caracterizadas por el mismo método general. Ellas pueden tener, y tienen en realidad, distintos objetos de estudio, pueden exponerse con lenguajes distintos, pero una cosa las une: el hecho de que cada una de ellas está construida respetando el criterio antedicho.

Para evidenciar la importancia del criterio en examen agregaremos que, según Popper y los popperianos, el proceso de falsificación es el sostén del desarrollo de las ciencias. Este desarrollo consiste en efecto en poner continuamente a prueba a las teorías consideradas en cualquier época como científicas, donde esta expresión "poner a prueba" significa someterlas a todas las posibles tentativas de falsificación y, en el caso de que todas estas tentativas fallen, aceptar a dichas teorías como parte de la ciencia por derecho propio, mas siempre sólo provisoriamente, esto es con la reserva de abandonarlas para el caso de que una nueva tentativa de falsificación (eventualmente sugerida por nuevas observaciones) tuviera éxito.

Dado este último caso los científicos se encontrarán estimulados a idear una nueva teoría, capaz de sustituir a la falsificada. Más aún, según algunos popperianos (Imre Lakatos en particular), no se tiene el derecho a decir que una teoría resulte efectivamente falsificada hasta tanto no se haya construido una mejor capaz de sustituirla (y esto significa que un simple ejemplo contrario a la teoría no basta por sí sólo para falsificarla, en cuanto se podría encontrar siempre el modo de justificarlo, co-

mo con una oportuna hipótesis *ad hoc*). El proceso de falsificación se reduciría así a una verdaderaa lucha de teorías, o sea a una lucha entre las viejas teorías y las nuevas construidas para sustituirlas.

El desarrollo de la ciencia sería por lo tanto una especie de revolución permanente: sería en otros términos un superponerse permanentemente de teorías, cada una de las cuales trata de abatir a la precedente (esto es, de falsificarla) y se encuentra expuesta a continuos ataques de otras teorías.

Reservándonos una vuelta sobre este asunto en otro capítulo, expresamente dedicado a las relaciones entre ciencia e historia de la ciencia, podemos ahora retomar lo que desde la posición de Popper se pueda recabar por cuanto respecta al problema de la unificación de las ciencias: esta unificación se puede considerar como un proceso en continuo devenir. La unidad de las ciencias no constituye el desenlace de este proceso, sino el proceso mismo. La ciencia es "una" no porque no se articula en distintas ciencias, sino porque éstas se desenvuelven con un proceso unitario, siempre basado en el método de la falsificación.

La unificación dinámica de las ciencias y de las técnicas

De lo expuesto en el párrafo precedente se perfila una nueva distinción más allá de la tripartición hasta ahora delineada (entre unidad de las leyes, unidad del lenguaje y unidad del método: trátase de la distinción entre unificación estática y unificación dinámica.

Para comprender el significado de esta última expresión, es menester reflexionar sobre el siguiente hecho: sin duda la unificación de las ciencias continúa siendo hoy, como lo fue en el pasado, una muy fuerte exigencia de nuestra cultura, mas —como ya se ha dicho— una exigencia que no se puede satisfacer con una fórmula, por refinada y compleja que ésta sea, requiriendo en cambio una respuesta gradual, capaz de transformarse en el tiempo, esto es, dinámica y no estática.

La gradualidad de esta respuesta se pone de manifiesto hoy en el continuo multiplicarse de las ciencias de frontera, que están a caballo de ciencias bien distintas entre sí (como por ejemplo astrofísica, fisicoquímica, bioquímica, biofísica, etc.), así como en los esfuerzos que se cumplen en todos los niveles de enseñanza para conseguir una interdisciplinariedad de la educación. Está claro que ni uno ni otro de estos dos procesos podrá nunca darse por concluido, debido al menos al ininterrumpido emerger de nuevas ciencias orientadas a estudiar campos diferentes entre sí, y obligadas a valerse de métodos cada vez más complejos que utilizan los resultados y los métodos de otras ciencias ya consolidadas.

El resultado a que se llega con el planteo dinámico del problema de la unificación de las ciencias se resume así: la unidad de la ciencia hoy se reduce esencialmente a la unidad de la tradición científica moderna. Esta tradición, que convencionalmente se puede hacer partir desde Galileo, ha terminado por imponerse a todas las otras tradiciones de diversas raíces, de tal modo que no hay científico en el mundo que no comparta la necesidad de unirse a ella y no sienta el deber de contribuir a su desarrollo.

Dentro de esta tradición las relaciones entre una disciplina y otra y entre uno y otro sector de una misma disciplina no son rígidas sino flexibles, tendiendo a ser más compactas y más articuladas.

Así vemos hoy que la astronomía, la química, las ciencias de la Tierra, la biología, etc. recurren en creciente medida a los resultados de la física nuclear, que parece haber asumido la función de ciencia guía. Tienen en común una cada vez más fuerte exigencia de rigor: exigencia que incluye por un lado al rigor formal (con una tendencia a una matematización cada vez más generalizada), y por el otro lado al rigor de las observaciones (a cumplirse con aparatos más y más sensibles y precisos).

Tampoco debe olvidarse que este proceso dinámico no hace referencia tan sólo a las verdaderas y propias investigaciones científicas, sino que se extiende también a las investigaciones técnicas, que se muestran en conexión cada vez más estrecha entre sí y con las ciencias de las cuales aplican los resultados y a las cuales proveen estímulos, problemas y nuevas perspectivas.

Se trata de una unidad dinámica que ha incitado a algunos estudiosos (como por ejemplo el autor del presente volumen) a hablar de "patrimonio científico-técnico", que se acrecentaría ininterumpidamente sea por los resultados obtenidos por las distintas ciencias, sea por los conseguidos por la técnica.[3]

Entre las categorías hoy en uso por parte de los filósofos, la que parece más idónea para caracterizar la situación recién delineada es sin duda la categoría usualmente indicada con el término de "dialéctica", de donde se deberá decir que la unidad del patrimonio científico-técnico es esencialmente una unidad dialéctica.[4]

[3] Sobre el concepto de "patrimonio científico-técnico" volveremos más ampliamente en el cuarto párrafo del capítulo IX.

[4] Tomamos el término "dialéctica" de la filosofía de Hegel donde indica una relación flexible (no mecánica) que une lo que es afirmado por la llamada tesis con lo que es contrapuesto por la antítesis, determinando en la síntesis una profundización de la tesis a la luz de los argumentos contenidos en la antítesis.

A este respecto alguien objetará quizás que la categoría de la dialéctica es demasiado vaga para poder utilizarse en filosofía de la ciencia. Mas si reflexionamos sobre el empleo que de ella hicieron G. W. F. Hegel y K. Marx (para limitarnos a estos dos únicos nombres), no podemos negar que ella se ha revelado fecunda e iluminadora en todas las veces que se la aplicó para el estudio de los fenómenos de carácter histórico. Parece entonces bien justificado emplearla también para caracterizar al proceso de unificación de las ciencias y de las técnicas, si admitimos que se trata de un proceso eminentemente dinámico, que no puede comprenderse en todo su significado si no se lo inserta en el articuladísimo desarrollo histórico de las investigaciones científicas y técnicas.

VII

Sobre la definición del concepto de causa

El análisis del concepto de causa realizado por Hume

Por siglos y siglos se consideró que el verdadero conocimiento de un fenómeno cualquiera debía ser un conocimiento por sus causas, es decir que no se podía hablar de conocer efectivamente un fenómeno si no se determinaba la causa que lo producía. Por lo tanto, dado que se atribuía a la ciencia la función de obtener conocimientos verdaderos, se consideraba que ella debía ocuparse esencialmente de la investigación de las causas (por ejemplo de la causa de los fenómenos gravitacionales, de los eléctricos, de los biológicos y, en el campo de las ciencias humanas, de la causa de las guerras, de las revoluciones, de los sueños, etc.).

Mas, como es bien conocido, cuando se comenzó a someter a un riguroso examen crítico al concepto de causa, se notó que éste no es en absoluto unívoco; ya Aristóteles distinguía cuatro tipos: causa material, formal, eficiente y final. Con referencia a ellas se distinguía además la causa primera y las causas segundas; la determinación de la causa primera correspondiendo a la teología, la de las causas segundas a las ciencias propiamente dichas (naturales y humanas). De Galileo en adelante se rechazó decididamente la idea de poder recurrir, en el estudio de los fenómenos físicos, a las causas finales, a diferencia de la opinión de los científicos aristotélicos del Medioevo y del Renacimiento; se consideró así que la única causa de que podía hablar la ciencia era la causa mecánica. Incluso, después de haberse restringido en el modo comentado el concepto de causa, se advirtió rápidamente que era sumamente difícil dar de él una definición satisfactoria. Una contribución fundamental al examen crítico de dicho concepto fue el análisis que realizó en el siglo XVIII David Hume. Este análisis constituye el punto de referencia de todas las investigaciones sobre el tema efectuadas por la epistemología moderna.

Podemos resumir así sus características más significativas: cuando afirmamos que un fenómeno A es causa de un fenómeno B, creemos aludir a un proceso de producción que de A llevaría a B; en cambio nos encontramos solamente frente a este hecho de la experiencia: cada vez

que hemos observado a A, sucedió que observamos también a B. Es famoso el ejemplo introducido por Hume para ilustrar su pensamiento: vemos que una bola de billar A, movida por nosotros, golpea la bola B poniéndola en movimiento, y estamos habituados a concluir que el choque de la bola A es la causa del movimiento de la bola B.

Ahora bien, analizando esta impresión visual constatamos que:

1) la bola B se puso en movimiento en el preciso instante en que entró en contacto con la bola A, es decir cuando tuvo lugar una contigüidad;

2) el movimiento de la bola A precede al de la bola B;

3) cada vez que la bola A golpea a la B, esta última se pone en movimiento, es decir que entre ambos eventos hay una conexión constante.

"Más allá de estas tres circunstancias" Hume concluye "no puedo descubrir nada de esta causa... Por más que dé vueltas alrededor de este hecho y por más que lo examine, no logro encontrar en él nada más". Si a pesar de ello, cuando veo que la bola A se mueve hacia B infiero que B se moverá, lo hago sólo en base a la experiencia pasada, e invocando el postulado de uniformidad de la naturaleza. "Se deduce que todos los razonamientos que refieren la causa y el efecto están fundados en la experiencia, y que todos los razonamientos inferidos de la experiencia se fundan a su vez en la suposición de que el curso de la naturaleza continuará uniformemente igual".

Pero el origen de esta suposición no puede ser la razón: "solamente el *hábito* nos induce a suponer el futuro conforme al pasado".

Prosiguiendo con el análisis recién resumido, Hume hace intervenir aquella idea que él llama "creencia" ("*creo* que la bola B se moverá") que es, según él, una tendencia práctico-instintiva innata en el hombre. Más, se acepte o no esta interpretación de la creencia, queda el hecho de que el análisis humiano del principio de causalidad se ha revelado extremadamente penetrante, tanto como para constituir —como ya hemos dicho— el punto de referencia obligado de todos los estudios modernos sobre la causalidad, tanto filosóficos (por ejemplo de Kant) como otros más propios de filosofía de la ciencia.

Baste agregar que, partiendo de ella, el fundador del positivismo, A. Comte, llegó a sostener que la noción causa no es una noción científica sino sólo metafísica. En otros términos: las ciencias no se ocupan de causas, sino sólo de "leyes". Y, si aun hoy hablamos con tanta frecuencia de causas, es sólo porque las ciencias nos han hecho descubrir regularidades (o leyes) de las que el conocimiento común ni siquiera tenía indicios.

Sobre el significado del concepto de ley. El criterio popperiano de la falsabilidad

Un análisis más sutil ha demostrado sin embargo que la propia noción de ley tiene un carácter metafísico (no empírico). Una ley es una afirmación universal que entiende referirse a una infinidad de casos individuales; por ejemplo, la ley de Newton afirma que dos puntos materiales (dos cuerpos puntiformes) se atraen siempre con una fuerza directamente proporcional a sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias. Más, precisamente por esto, ella afirma algo que trasciende a la experiencia, resultando obvio que nunca podremos verificar la validez de la antedicha ley de Newton para todos los pares de cuerpos puntiformes. En términos lógicos: una proposición que contiene un cuantificador universal es por principio una proposición empíricamente inverificable. Sabemos en cambio que ella es empíricamente falsificable en cuanto, para falsificarla, basta encontrar un ejemplo contrario; por ejemplo, para falsificar la afirmación de que todos los hombres son mortales, bastará encontrar un hombre inmortal. Es precisamente éste el motivo por el cual, como ya explicáramos en el capítulo VI, Popper sostiene que el criterio de cientificidad no reside en la verificabilidad empírica de las teorías (como sostenían los positivistas) sino en su falsabilidad.

En otras palabras: si queremos admitir que las ciencias hablen de leyes —y así sustituyan, como quería Comte, al concepto de causa (que él consideraba metafísico) por el de ley— debemos aceptar el criterio de Popper u otro análogo. Bien se había dado cuenta Hume de esta dificultad, en cuanto, si bien hablando aún de causas y no de leyes, había entendido claramente que el obstáculo más grave para poder llegar a una definición satisfactoria del concepto de causa reside en "la suposición de que el curso de la naturaleza continuará uniformemente igual": suposición que nos autoriza a sostener que "entre dos hechos existe una conexión constante", mas que en rigor no es justificable fuera del hábito.

Incompletud del análisis humeano del concepto de causa

Retomando ahora el examen del análisis de Hume iniciado en el primer párrafo, podemos decir que —aparte del obstáculo que él advirtió y que acabamos de comentar— su análisis autoriza la aplicación del concepto de causa toda vez que nos encontremos frente a una serie de eventos similares a A y constatemos que cada uno de ellos es seguido por un

evento similar a B. Mas lo recién dicho nos sugiere algunas reflexiones críticas.

En primer lugar se podría observar que la ciencia moderna aplica la categoría de la causalidad aun cuando el evento causa no precede al evento efecto y ambos son simultáneos. Esto tiene lugar por ejemplo cuando consideramos los efectos de un campo magnético; ¿o acaso deberemos decir que no se trata propiamente de "efectos" sino más bien de "manifestaciones"? Esta pregunta nos indica la necesidad de ampliar el concepto humiano de causa.

Pero esta necesidad queda aún mejor demostrada con otra consideración. La ciencia moderna habla de causa también en algunos casos en que el "fenómeno-causa" no es repetible; esto sucede por ejemplo en cosmología, por no hablar del uso que se hace del término causa en la descripción de los fenómenos históricos (¿qué intentamos decir cuando buscamos determinar las causas de la caída del imperio romano o del feudalismo?). Y sin embargo todos consideramos que el concepto de causa tiene un preciso significado también en estos casos y en otros análogos.

Tampoco olvidemos el caso en que no todos los A son seguidos por los B, sino sólo por parte de ellos (por ejemplo ochenta veces de cien). En una circunstancia así hoy no se habla más de causalidad, sino de probabilidad: se dirá por ejemplo que el evento A provee al evento B una probabilidad del ochenta por ciento. Y así recaemos en el problema de la inducción, que señaláramos en el primer párrafo del capítulo III.

Concluyendo estas breves observaciones críticas, podemos resaltar que en la ciencia moderna el concepto de causa se encuentra mucho más articulado que el que resultaba del análisis de Hume. Con esto no intentamos ciertamente negar la agudeza y el rigor de tal análisis, sino simplemente afirmar que éste no agota la problemática al respecto, esto es, no llega a captar en todas sus implicancias el significado que la ciencia moderna atribuye al concepto en cuestión.

En efecto, a pesar del análisis de Hume y a pesar de la pretensión de Comte de negar que la ciencia deba indagar las causas de los fenómenos, el concepto de causa ha seguido manteniendo una relevancia fundamental en todo el desenvolvimiento de la ciencia moderna: no ya, obviamente, en el sentido que le atribuía la vieja metafísica, sino en el sentido de una relación de dependencia entre fenómenos que da base a cada una de nuestras acciones sobre el mundo en que vivimos.

VIII

El problema del determinismo

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. R.

Crítica del determinismo de Laplace

El problema del determinismo se presenta con características notablemente diferentes en las distintas ciencias, al igual que el problema del caso, relacionado con aquél.

Será oportuno iniciar nuestra discusión recordando brevemente la concepción rigurosamente determinista de Laplace. He aquí el famoso párrafo en que la expone (en las primeras páginas de su *Teoría Analítica de las Probabilidades*):

"Debemos considerar el estado presente del universo como el efecto de su estado anterior y como la causa de su estado futuro. Una Inteligencia que, por un instante, conociese todas las fuerzas de que está animada la naturaleza y la situación respectiva de los seres que la componen, si además fuese lo bastante profunda para someter a éstos al análisis, abrazaría en la misma fórmula a los movimientos de los más grandes cuerpos del universo y del átomo más ligero: nada sería incierto para ella y el devenir, como el pasado, estaría presente ante sus ojos. El espíritu humano ofrece, en la perfección que ha sabido dar a la astronomía, un pálido ejemplo de esta Inteligencia. Sus descubrimientos en mecánica y en geometría, junto con el de la gravitación universal, lo han puesto en condiciones de abrazar en las misma expresiones analíticas a los estados pasados y a los futuros sistemas del mundo".

Las primeras líneas de este párrafo expresan un modo de ver ampliamente compartido, aun hoy, por el hombre común y por gran parte de los estudiosos empeñados en la investigación científica; las líneas sucesivas, en cambio, delinean una concepción —la del llamado determinismo fisicomatemático— que ha sido centro de las más sutiles críticas por parte de la física cuántica de nuestro siglo.

Esta, en efecto, rechaza considerar la argumentación de Laplace, porque niega la base misma en que ella se apoya, esto es, que sea posible conocer al mismo tiempo "todas las fuerzas de que está animada la naturaleza y la situación respectiva de los seres que la componen". Dicha

negación se funda en el así llamado "principio de indeterminación de Heisenberg" que pone límites (infranqueables según la mecánica cuántica) a la medición de la posición de las partículas atómicas y subatómicas y a la medición simultánea de su velocidad, en cuanto a una mayor exactitud de una de las dos mediciones comporta una menor exactitud de la medición de la otra.

Muchos equívocos han nacido de este principio; hasta se lo ha querido considerar como la auténtica garantía de nuestra posibilidad de actuar sobre el futuro y por tanto se ha querido buscar en él a la raíz de la libertad humana.

Para resolver tales equívocos conviene ante todo precisar el significado del término "determinismo" en física, que no tiene nada que ver con el problema de la libertad humana. Hablar de determinismo en física significa afirmar que estamos en condiciones de descubrir una fórmula mediante la cual poder calcular el futuro a partir del presente. Ahora bien, estamos efectivamente en condiciones de encontrar una fórmula tal para los fenómenos macroscópicos, como lo demuestran varios capítulos de la física clásica; lo que el principio de Heisenberg nos enseña es sólo esto: que no estamos en condiciones de encontrar una fórmula análoga para los fenómenos atómicos y subatómicos.

Para aclarar los varios aspectos del problema nos parece de gran utilidad referir lo que escribió sobre el tema Moritz Schlick en un admirable artículo de 1931. Tras haber recalcado que el principio de Heisenberg no puede ser considerado una verdad absoluta, como no puede considerarse absolutamente verdadera ninguna otra ley de la física, Schlick agrega además que tal principio constituye "una parte integrante de la física cuántica, y debemos creer en sus fundamentos hasta tanto nuevas observaciones nos obliguen a una revisión (en realidad, la teoría de los cuantos parece confirmarse más día tras día). Pero es ya una notable adquisición para la física moderna el haber mostrado que es posible emplear en la descripción de la naturaleza una teoría de este tipo; lo que constituye una clarificación decisiva de los conceptos de la ciencia natural".

Por cuanto respecta a la presunta oportunidad de reclutar al indeterminismo de la física cuántica para dar un fundamento a nuestra posibilidad de obrar en el futuro, Schlick es todavía más explícito. A quienes sostienen la tesis según la cual la aceptación del determinismo físico sería incompatible con la antedicha posibilidad y sostienen por lo tanto que es menester recurrir al indeterminismo de la mecánica cuántica para salvar tal posibilidad, él responde que "no podría obtenerse ninguna ayuda" para la libertad de las iniciativas humanas "del indeterminismo de la física contemporánea, puesto que, aún teniendo en cuenta todas las circunstancias en juego, los eventos son aún precalculables con una precisión tan grande, esto es, el indeterminismo resulta tan *limitado*, que el sentido que nuestras acciones poseen todavía en la realidad está solo imperceptiblemente reducido". Es una respuesta que no deja espacio a los equívocos antes señalados, en que incurrieron no pocos filósofos. Hemos hecho referencia al artículo de Schlick porque nos ha parecido idóneo para iluminar algunos puntos de particular importancia:

1) el indeterminismo físico fundado en el principio de Heisenberg no incide en modo alguno sobre nuestra posibilidad de proyectar acciones para el futuro y por lo tanto sobre el problema de la libertad;

2) el hecho de que la teoría cuántica se rija por tal principio no implica totalmente una limitación de la cognoscibilidad de la naturaleza, pues nos dice solamente que en la descripción de algunos fenómenos naturales, si bien muy importantes, "es posible emplear una teoría de este tipo", mientras que en la descripción de otros fenómenos se seguirá empleando teorías de tipo tradicional;

3) el problema del "determinismo-indeterminismo" va insertado dentro del desarrollo histórico de toda la ciencia, como resulta de las palabras "hasta tanto nuevas observaciones nos obliguen a una revisión"; inserción que nos demuestra que el famoso principio de causalidad no representa una categoría metahistórica, sino más bien una ley cuya validez, o cuya parcial no validez, debe ser establecida no *a priori*, sino —como escribe nuestro autor— en base a la "afinada experiencia física de la investigación científica actual".

Las leyes estadísticas y el caso

Existen también otros sectores de la ciencia física que se muestran en manifiesto contraste con la concepción determinista delineada por Laplace. Se trata de aquellos sectores en los cuales la descripción de la naturaleza utiliza en modo sistemático a los métodos estadísticos. Esto ocurre cuando tal descripción renuncia a seguir los movimientos de las partículas individuales (moléculas, átomos, fotones, etc.) que son la base del fenómeno examinado, para estudiar solamente las variaciones que se producen en el conjunto de las partículas antedichas durante el desarrollo del fenómeno mismo. Sería insensato pensar que en este género de casos no se pueda arribar a una auténtica descripción científica, mas las leyes obtenidas por este tipo de descripción serán estructuralmente distintas de aquellas de los otros capítulos de la física.

El ejemplo más conocido del tipo de descripción recién señalado lo

da la termodinámica, según la interpretación de la teoría cinética. Baste pensar en su segundo principio (o principio de la irreversibilidad) que tal teoría explica como incremento del desorden molecular, esto es como proceso que lleva a un sistema complejo (o macrosistema) hacia el estado de máxima posibilidad, considerado como estado de equilibrio donde las fluctuaciones tienden a anularse. Que tal principio constituya una verdadera ley científica, no puede ser puesto en duda por nadie; por lo demás, se trata de una ley fundamental para la descripción de la naturaleza: es aplicable a todos los fenómenos irreversibles y por lo tanto es la ley de la que debemos partir para tomar conciencia del paso del tiempo y sus efectos. Mas, desde el punto de vista epistemológico, la caracteriza el hecho de que ella habla de "tendencia": tendencia que es el fruto de una probabilidad. Ahora bien, aun si tal ley está en condiciones de describir bastante bien el decurso del fenómeno en examen, ciertamente no lo describe como fenómeno exactamente determinado en el sentido del determinismo de Laplace.

Análogas consideraciones podrían repetirse para todas las leyes que se obtienen en base a métodos estadísticos, sea en la física de los macrofenómenos, sea en la física de los fenómenos atómicos y subatómicos.

Recordemos que existen también en la naturaleza muchos sistemas complejos, que están lejos del estado de equilibrio (sistemas estudiados precisamente por la llamada "termodinámica del no equilibrio"), para los cuales no subsiste la tendencia al equilibrio. Se trata de sistemas cuya evolución puede dar lugar al surgimiento de nuevas formas, en referencia a las cuales ya no es lícito, obviamente, hablar de determinismo en ningún sentido y tanto menos en el sentido de Laplace.

¿Estos surgimientos se deben al caso, como sostenía J. Monod, o a fluctuaciones aleatorias como sostiene I. Prigogine? La respuesta a esta cuestión es de estricta competencia de la ciencia y así también lo es el problema de si los antedichos surgimientos pueden explicar el origen de los seres vivientes y su evolución sobre la Tierra. En cambio sería tarea de la filosofía de la ciencia el indagar acerca del sentido de recurrir en las investigaciones científicas al caso o a lo aleatorio. Vale la pena referir aquí la muy seria crítica que el físico y epistemólogo francés Michel Paty hace a Prigogine: "El defecto de la posición de Prigogine está en atenerse a la siguiente constatación: la generación de formas es de orden termodinámico alejado del equilibrio, mas su causa es aún el caso (como para Monod). El bagaje conceptual fue aquí incrementado de modo significativo, pero la explicación del mecanismo propuesto que induce bifurcaciones y saltos en la constitución de las formas no es en realidad una explicación. El caso jamás ha sido una explicación". (Scientia, 117, 37).

Como quiera que se valoren las teorías de Monod y de Prigogine, queda el hecho de que ambas indican la imposibilidad de encuadrar a las concepciones más recientes de la naturaleza dentro del determinismo de Laplace. Este representó un modelo ideal para la investigación científica en el siglo XIX, pero hoy se sabe que el nexo entre los fenómenos está mucho más articulado, de donde requiere un encuadramiento en nuevas concepciones más flexibles y complejas.

Críticas del determinismo biológico

Otro tipo de determinismo, distinto del de Laplace, es el llamado "determinismo biológico", cuyo origen se puede remontar a tiempos muy lejanos (en particular se lo encuentra ya esbozado en la filosofía materialista de T. Hobbes), pero que ha tomado recientemente una notable importancia. Esta se debe hoy al descubrimiento del gen y de las importantísimas funciones que éste cumple en el organismo animal y humano.

Para exponer las líneas principales de tal determinismo nos valdremos del resumen que se encuentra en el volumen *El gen y su mente* de S. Rose, R. Lewontin y L. Kamin; aun cuando éste se centra en una cerrada polémica contra el antedicho determinismo, le reconoce el mérito de una notable claridad. He aquí el texto: "Este (el determinismo biológico) se pregunta: ¿por qué los individuos son lo que son, por qué hacen lo que hacen? y responde que todo ello es consecuencia inevitable de las propiedades bioquímicas de las células, que a su vez están directamente determinadas por los constituyentes de los genes de un individuo dado".[1] Inmediatamente después de estas palabras leemos otras que ponen claramente a la vista la utilización —en sentido reaccionario— que se suele hacer del determinismo biológico y al mismo tiempo la razón profunda de la áspera polémica que se viene conduciendo en su contra: "así, la naturaleza humana está fijada por nuestros genes; la buena sociedad es aquella que concuerda con una naturaleza humana cuyas características fundamentales de injusticia y de competitividad serían definidas adecuadamente tan sólo por el determinismo biológico" (id. pág. 29-30).

"El determinismo biológico ve a los organismos, humanos y no humanos, como fruto de la adaptación al ambiente a través del proceso de evolución, o sea 'equipados' a través de oportunas recombinaciones de su patrimonio genético, de las mutaciones, de la selección natural, para maximizar su propio éxito reproductivo en el ambiente en que nacieron y se desarrollaron. Ve además a la innegable plasticidad de los organismos

[1] *Il Gene e la sua Mente*, Mondadori, Milán, 1983, pág. 29.

—sobre todo los hombres— en el curso de su desarrollo, como modificaciones impuestas a un organismo esencialmente pasivo por las presiones del 'ambiente' al cual el organismo mismo está expuesto y al cual se debe adaptar o perecer." Fruto de esta adaptación sería la aceptación del racismo, de la violencia sobre los débiles, de los derechos de las clases privilegiadas.

Obviamente, no nos es posible adentrarnos aquí en la discusión de los argumentos técnicos que Rose, Lewontin y Kamin aducen para demostrar la inconsistencia científica de las tesis que sostiene el determinismo biológico, o el determinismo sociológico y cultural que con él se relacionan. Se trata de argumentos que invisten cuestiones biológicas muy complejas, que además involucran al problema de la validez y de los límites de la teoría darwiniana de la evolución; argumentos que no siempre se tratan con la debida objetividad pues a menudo se entremezclan con consideraciones algo apresuradas acerca de la ideología burguesa que, según nuestros autores, habría inspirado el nacimiento y el desarrollo de todas las concepciones deterministas. A ellas se contrapone una concepción fundada en la tesis de que también el individuo actúa sobre el ambiente modificándolo radicalmente en el curso de la historia. "Contra esta concepción nosotros oponemos otra que no aísla al organismo del ambiente, sino que supone una interpenetración continua y activa: los organismos no solamente se someten a un ambiente dado, sino que también crean activamente alternativas, o cambian aquellas que encuentran" (id. pág. 49). Se trata de una tesis algo genérica y por esto mismo ambigua, pero capaz de estimular el estudio de nuevos nexos, ya no rigurosamente mecánicos, en condiciones de ampliar y sustituir a aquellos del viejo determinismo.

Del principio de causalidad al principio de condicionamiento recíproco

Retomando las observaciones precedentes, podemos decir que el famoso determinismo, considerado hasta no hace mucho tiempo como el orden perfecto a cuyo descubrimiento debe tender toda investigación científica, soporta hoy muchas correcciones tanto en el ámbito de las teorías físicas como en el ámbito de las teorías biológicas y antropológicas. Se lo considera más bien como un modelo ideal de enlace entre los fenómenos naturales, que todo investigador serio debe tener presente cuando trata de descubrir los enlaces *efectivos* entre tales fenómenos, aun tomando en cuenta las profundas diferencias entre unos y otros.

El abandono del determinismo nos ha llevado pues al abandono de

una forma generalizada del principio de causalidad, obedeciendo a la cual sostenemos que el descubrimiento de los enlaces efectivos entre los fenómenos nos pone en condiciones de actuar con cierta eficacia sobre ellos. Se trata obviamente de un descubrimiento que jamás tendrá un valor absoluto, pues estará siempre condicionado por los instrumentos teóricos y prácticos empleados para conseguirlo; mas tendrá un indiscutible valor relativo si las acciones realizadas teniendo en cuenta los resultados a que él nos lleva resultaran prácticamente más eficaces que aquellas que no los tuvieran en cuenta.

Precisamente para subrayar las diferencias entre el principio de causalidad como se lo entendía tradicionalmente, que parecía implicar la aceptación del más riguroso determinismo, y su forma generalizada a que antes nos referimos, proponemos llamar a esta última "principio de condicionamiento recíproco", donde el término recíproco indica la complejidad y flexibilidad de los enlaces efectivos que las distintas investigaciones nos permiten descubrir.

La existencia de este condicionamiento nos autoriza a hablar del mundo como de una unidad, mas no como una unidad mecánica, sino dialéctica. En otros términos: se trata de una unidad abierta, cuyas características no pueden determinarse *a priori* ni incluirse en un único esquema. Corresponde al desarrollo de la ciencia el determinarlos, de forma siempre provisoria y por lo tanto siempre modificable. Mas se trata de todas maneras de una unidad objetiva en tanto descubierta por nosotros y no creada por nuestra imaginación.

El hecho mismo de que la investigación científica siempre nos imponga reconocer nuevas formas de condicionamiento, demuestra que este condicionamiento no representa una red que nosotros imponemos al mundo, sino que se trata de un condicionamiento real, efectivo, sustancialmente independiente de nosotros.

IX

Ciencia e historia de la ciencia

Argumentos en favor y en contra de la posibilidad de una historia de la ciencia

Bien se sabe que según Galileo la matemática estaría en condiciones de obtener conocimientos parecidos en calidad, no en cantidad, a los de Dios, es decir, absolutos. Y otro tanto podría decirse de la física ya que según él estaba empapada de matemática. Esta concepción fue adoptada por casi todos los contemporáneos de Galileo y por gran parte de los científicos hasta la mitad del siglo XIX. En base a ella el desarrollo de la ciencia consistía en el agregado de nuevas verdades absolutas a las ya obtenidas previamente, y por tanto no podía ser otra cosa que un desarrollo progresivo. Se trata de la así llamada interpretación "acumulativa" del crecimiento de la ciencia, que aún hoy encuentra no pocos sostenedores entre los estudiosos que no están especializados en historia de la ciencia. De la concepción señalada deriva la idea de que la ciencia esté completamente separada de la historia de la ciencia; aquélla en efecto consistiría en la búsqueda de verdades siempre nuevas, mientras ésta se reduciría a la recolección —lo más escrupulosa posible— de noticias en torno de los científicos del pasado, de los métodos con que arribaron a sus descubrimientos, de los errores en que incurrieron, de las controversias entre uno y otro científico.

Así las cosas, es fácilmente comprensible que los filósofos de inspiración historicista llegaran a negar que la ciencia pueda tener una verdadera historia. He aquí por ejemplo lo que escribió al respecto Giovanni Gentile en el volumen *Teoría General del Espíritu*:[1] "Ahora bien, ¿puede haber de la ciencia... verdadera historia? Es evidente que debe excluirse sin más el concepto de una historia única de la ciencia, pues la ciencia se desmenuza en las ciencias, cada una de las cuales (en cuanto ciencia y no filosofía) está separada de las otras y por lo tanto no tiene relaciones esenciales con ellas. Pero además de particular, cada ciencia es... empíri-

[1] Cap. XV, par. 6, titulado precisamente "Imposibilidad de una historia de la ciencia".

ca y dogmática, porque presupone conocer lo conocido: tal como Platón presuponía en el espíritu a las ideas, que son el objeto de su conocer. Y por el mismo motivo por el cual no es posible una dialéctica (que no sea aparente) de las ideas platónicas y no es por lo tanto concebible bajo ese fundamento una historia de la filosofía, tampoco es posible concebir la historia de una ciencia. Estando determinada la realidad cognoscible, o se conoce o no se conoce. Si en parte se conoce, y en parte no, quiere decir que ella tiene partes separables: y entonces hay aquélla que se conoce totalmente, y aquélla que se ignora totalmente. Así, fuera de la verdad, que se presenta de manera inmodificable, no hay sino error; y entre el error y la verdad, el abismo. La historia de las ciencias ha tomado en efecto muchas veces el aspecto de una enumeración de los errores y de los prejuicios que pertenecieron más bien a la prehistoria, pero no a la historia de la ciencia. La historia debería ser el desenvolvimiento de la ciencia: y la ciencia como tal no puede tener desenvolvimiento, porque presupone una verdad perfecta, a la cual no se puede llegar por escalones pues en ella corresponde saltar de golpe: de aquí el concepto, tan propio de las ciencias naturales, del descubrimiento, de la intuición, sustancialmente idéntico al concepto platónico de la intuición primitiva y trascendente de las ideas".

Hemos referido este largo fragmento (sobre el cual volveremos más adelante) porque expone con incuestionable claridad una posición antitética a las de las más válidas corrientes actuales de filosofía de la ciencia y por lo tanto debe considerarse polémicamente presente si se quiere captar el núcleo esencial de las posiciones que sostienen estas otras corrientes. El punto central de la argumentación de Gentile es que "la ciencia como tal no puede tener desenvolvimiento"; ella posee "partes separables" cada una de las cuales o es totalmente conocida o es totalmente ignorada. De aquí se sigue que el aparente desenvolvimiento de las ciencias sería el agregado, a las partes ya totalmente conocidas, de alguna otra parte ahora también totalmente conocida; es una tesis que recuerda a aquella que denominamos "incremento acumulativo" de la ciencia, salvo que Gentile le agrega aún otra afirmación igualmente insostenible según las concepciones epistemológicas modernas, para la cual sólo se llega al conocimiento (perfecto) de cada parte singular de la ciencia mediante un salto, de golpe, por intuición.

Mas una observación objetiva del modo en que avanza la ciencia nos muestra, en cambio, que ella se desarrolla de manera muy distinta, renovando la discusión de los principios de teorías antes aceptadas, corrigiendo los resultados, nunca perfectos, alcanzados previamente o delimitando su validez, estableciendo nuevas relaciones entre una y otra ciencia particular, enriqueciendo y precisando el campo de nuestras ob-

servaciones, valiéndose de las sugerencias que provienen de las más intrépidas realizaciones de la técnica, etc. Es todo un movimiento de ideas, de hipótesis, de métodos, de experimentaciones, que en modo alguno puede ser encuadrado en el esquema gentiliano, revelando la efectiva existencia de una dialéctica muy compleja del máximo interés para el científico y para el filósofo.

Continuismo y discontinuismo en el desarrollo de la ciencia

¿Cómo se desarrolla el movimiento recién señalado? Existen al respecto dos tesis muy distintas entre sí, y ambas en abierto contraste con la de Gentile ya delineada en el párrafo precedente. Según los llamados continuistas (por ejemplo Duhem y Enriques) el movimiento nombrado se desarrolla sin interrupciones bruscas, en cuanto los descubrimientos de una época se enlazan directamente con las investigaciones y los debates de las épocas precedentes, las leyes con las hipótesis, las teorías científicas rigurosas con las atrevidas y tal vez un poco fantásticas concepciones filosóficas. Dentro de esta dialéctica los errores asumen un particular interés puesto que el examen crítico de los problemas que ellos sugieren representa a menudo el eslabón entre una fase y otra del desenvolvimiento de la ciencia. Hay quienes llegan incluso a sostener que la historia de los errores es más significativa que la historia de los resultados válidos.

En cambio según los discontinuistas (por ejemplo Bachelard, A. Koyré, Popper) en el desarrollo de la ciencia se interponen momentos de ruptura que separan netamente una fase de otra, quizás casi contraponiéndolas. Estas rupturas conciernen sobre todo a los principios generales. Cuando una teoría o, si se quiere, un complejo de teorías conectadas al mismo "paradigma" no logra ya describir los nuevos resultados experimentales, o cuando se le encuentran contradicciones o lagunas juzgadas insanables, se hace entonces necesario "inventar" nuevas hipótesis, que abrirán el camino a un tipo de investigaciones por lo demás imprevisible.

Está fuera de duda que tal visión discontinuista se muestra adecuada para describir a algunas grandes revoluciones científicas, como por ejemplo la galileana, la darwiniana, la einsteniana, etc., pero queda el problema: ¿qué condujo a Galileo, a Darwin, a Einstein a "inventar" sus nuevas hipótesis? O se recurre, para responder a esta pregunta, a las tentativas de sus predecesores (aún atados, en líneas generales, a los viejos paradigmas, si bien ya convencidos de tener que corregirlos), si no se invoca una intuición que en verdad explica todo porque no explica nada.

Y entonces, ¿por qué no se habla más bien de enlace no mecánico entre las nuevas teorías y las viejas, enlace que no conduzca directamente de éstas a aquéllas, sino que nos conduzca por vías tortuosas, a veces atormentadas, no determinables *a priori* sino sólo *a posteriori* sobre la base de rigurosas investigaciones documentales articuladas individualmente de un caso a otro?

Hemos dicho que tanto una como otra concepción —la continuista y la discontinuista— están en neto contraste con la gentiliana; aquéllas reconocen en efecto que la ciencia es un proceso no menos dinámico que la filosofía, o sea que es un edificio en perenne desarrollo que no resulta verdaderamente comprensible si se pretende fragmentarlo en "partes separables", cada una de ellas fija e inmodificable.

Lo que sí podemos catalogar como "privado de historia" son las teorías axiomatizadas, en cuanto una tal teoría puede crecer sólo si se descubre algún nuevo teorema deducible de sus axiomas; éstos en cambio permanecen inmodificables (o como máximo sustituibles por otros equivalentes) puesto que, si modificamos efectivamente un axioma, nos encontramos frente a otra teoría completamente distinta de la anterior, donde los términos mismos (implícitamente definidos por los axiomas) no poseen ya el significado que antes tenían, aunque conserven el mismo nombre.

Mas las teorías axiomatizadas constituyen sólo un momento del desarrollo de la ciencia, no constituyen la ciencia. Esta en su conjunto no puede ser axiomatizada, si bien se obtiene una enorme ventaja con la axiomatización de algunas de sus teorías por la claridad formal que proviene cabalmente de tal axiomatización.

Historia interna e historia externa

En tanto el debate señalado en el párrafo precedente versaba sobre cómo se desarrolla la ciencia (esto es, de modo continuo o discontinuo), cuanto ahora trataremos de esbozar versa sobre los factores que influyen en tal desarrollo. También aquí nos encontramos frente a dos corrientes: la de los llamados históricos internistas y la de los llamados históricos externistas. Buscaremos esbozar sus características, en cierto sentido llevándolas a un extremo, para hacer más claras las diferencias.

Los históricos internistas sostienen que los factores que influencian el desarollo de una ciencia (de sus teorías, de sus métodos, de sus conjeturas, etc.) están únicamente constituidos por los resultados que ella obtuvo en fases anteriores. En otros términos: cada ciencia particular ha podido desarrollarse sólo sobre la base de los conocimientos que ella

u otras ciencias más o menos próximas ya han consolidado, esto es, tomando de tales conocimientos sugerencias e ideas. Así ha podido afrontar problemas no resueltos, ha podido afinar las experiencias ya cumplidas, realizar otras perfeccionando los instrumentos de observación antes utilizados y construyendo otros nuevos. No tiene sentido suponer que Einstein habría podido idear la relatividad restringida y la especial si no hubiera podido utilizar los trabajos de H. A. Lorentz, de J. H. Poincaré, de B. Riemann, o suponer que N. Bohr habría podido arribar a su famoso modelo del átomo sin utilizar los resultados de M. Planck, de Einstein, etc.

En cambio, los históricos externistas sostienen que los progresos de las investigaciones científicas son únicamente resultado de la estructura de la sociedad en que viven y actúan los investigadores.

Por ejemplo, las teorías de Einstein habrían estado determinadas por la estructura de la sociedad germana entre fines del siglo XIX y principios del XX. "La demostración por parte de Joule de que todas las formas de energía y de calor, el electromagnetismo y las reacciones químicas son intercambiables y se relacionan entre sí mediante una simple constante (el equivalente mecánico del calor), así como la sucesiva demostración de Einstein del equivalente de materia y energía, corresponden a un reduccionismo económico por el cual todas las actividades humanas se podían valuar como equivalentes de billetes y monedas."[2]

En realidad las mejores historias de la ciencia no pueden catalogarse ni como historias internas ni como historias externas; por un lado no pueden negar la tesis de los internistas, que parece tan obvia, y por el otro recogen también algunas exigencias de los externistas en cuanto reconocen la influencia que sobre la ciencia ejercen las condiciones económicas, las ideologías, etc. de las sociedades en que les tocó vivir a los distintos científicos. Pero una cosa es admitir tal influencia, y otra cosa es admitir que ella sea rigurosamente determinante.

Para evitar este determinismo vulgar, parece oportuno introducir también aquí, como ya lo hemos hecho en el capítulo precedente, la categoría del "condicionamiento dialéctico". Ella nos permite reconocer una forma de dependencia del desarrollo de la ciencia respecto del desenvolvimiento de la sociedad, dependencia sin embargo no mecánica, no determinante sino dialéctica.

[2] Rose, Lewontin, Kamin, op. cit., pág. 61.

Historia integral de la ciencia como desarrollo del patrimonio científico-técnico

Una historia integral de la ciencia no puede limitarse a tomar en cuenta los factores considerados por los históricos internistas y externistas; ella debe tener también en cuenta al desarrollo de la técnica que a menudo es inseparable del desarrollo de la ciencia. Así sucede por ejemplo en la actualidad, en que las investigaciones más avanzadas de la física subatómca son sólo posibles gracias al uso de gigantescas máquinas aceleradoras, a su vez proyectadas en base a rigurosas reglas científicas; y así también ocurre con las investigaciones astrofísicas, posibles gracias al funcionamiento de los satélites artificiales que son sin duda una de las más espectaculares realizaciones de la técnica moderna.

Precisamente teniendo en cuenta esta interrelación inescindible entre ciencia y técnica se acostumbra hoy a hablar de patrimonio científico-técnico y se afirma que la historia de la ciencia debe ocuparse ante todo de estudiar su desarrollo. El referirnos a tal patrimonio nos ayuda a comprender el condicionamiento dialéctico de la ciencia por parte de la sociedad (de lo que hablan los históricos externistas) porque está claro el vínculo entre el desarrollo de la técnica y el desarrollo (en primer lugar económico) de la sociedad.

Corresponde también hacer referencia al desarrollo del patrimonio científico-técnico para caracterizar al importantísimo concepto de progreso científico. Si es cierto realmente que ya no podemos afirmar, como alguna vez se hacía, que el progreso científico consiste en el agregado de nuevas verdades absolutas a aquellas que ya poseíamos, cierto es también que podemos hablar de crecimiento de dicho patrimonio, donde se entiende que este crecimiento puede darse de los modos más diversos: con el descubrimiento de nuevos resultados teóricos o experimentales, con el agregado de nuevas hipótesis a las formuladas previamente, con la crítica y el abandono de principios considerados largamente inmutables y así sucesivamente.

El concepto de "patrimonio científico-técnico" ha sido sugerido pôr Duhem en algunas de sus páginas (precisamente en el capítulo VII de la parte segunda de la *Teoría Física*[3]) en las cuales discute el problema de la posibilidad o no de extraer las hipótesis científicas del fondo del sentido común. En esas páginas el gran epistemólogo francés escribe: "El sentido común no es un tesoro subterráneo al que nada se puede agregar, sino que es el capital de una inmensa sociedad excepcionalmente activa formada por la unión de las inteligencias humanas. De siglo en siglo

[3] Trad. it., ya citada, pág. 293.

el capital se transforma y se enriquece; a las transformaciones, el aumento de riqueza contribuye en enorme medida la ciencia teórica...".

Análogamente se puede afirmar que el patrimonio científico-técnico es el capital de una sociedad inmensa, excepcionalmente activa, que se transforma y se enriquece de siglo en siglo: transformación a la cual sin duda contribuye la ciencia teórica, pero no sólo ella. Confluyen aquí, en efecto, las indagaciones del hombre común, del hombre de ciencia no riguroso, del técnico, del metodólogo. Como traté de aclarar en otra oportunidad, dicho patrimonio se articula en dos componentes: uno teórico riguroso (formal, axiomatizado) y uno preformal o no formal, donde el estudio del primero requiere el recurso al análisis lógico mientras el estudio del segundo requiere el uso de un método totalmente distinto "sea por el carácter flexible de los términos en él empleados, sea por el uso de artificios demostrativos tal vez no exactamente controlados, sea por el hecho de que la dinámica de la investigación a menudo hace emerger problemas en cuyo tratamiento no se puede en un principio desdeñar el recurso a procedimientos justificables sólo por vía intuitiva".[4]

Precisamente por el carácter extremadamente flexible de este segundo componente del patrimonio científico-técnico afirmamos algo más atrás que su crecimiento no es lineal sino muy complejo. En otros términos, es un proceso dialéctico, en el sentido de este término que hemos tratado de aclarar en el último párrafo del capítulo VI, proceso al que no se le puede negar efectividad pero al que tampoco se puede proveer un esquema único, perennemente válido.

Las dificultades que la actual filosofía de la ciencia encuentra para definir al concepto de progreso científico dependen, a nuestro parecer, de no haber tomado en consideracion al patrimonio científico-técnico en su globalidad. Es un hecho indiscutible que este patrimonio crece de siglo en siglo, en formas diferentes pero exactamente descriptibles por la historia. Precisamente en este crecimiento, a veces más rápido, a veces menos, consiste el progreso científico: éste tiene un carácter análogo al que encontramos en toda la historia de la civilización.

[4] *Scienza e Realismo*, 2ª ed., pág. 175.

X

Ciencia y verdad

La verdad matemática

Se considera habitualmente que la matemática es la ciencia que nos provee verdades indiscutibles (¡indiscutibles como la aserción de que dos más dos es cuatro!). Basta sin embargo reflexionar sobre la estructura de la matemática para darse cuenta de que las cosas no son del todo así. Y en efecto nosotros sabemos que la matemática consiste en una cantidad de teorías y que la afirmación "una cierta proposición P es verdadera para una teoría" significa simplemente "P es lógicamente deducible de los axiomas de tal teoría", de donde se sigue que la "verdad" de una proposición matemática es una función o de los axiomas de tal teoría o de las reglas lógicas en base a las cuales entendemos deducir una proposición de otra dentro de la antedicha teoría.

Por ejemplo, el bien conocido teorema que afirma que la suma de los ángulos interiores de un triángulo vale ciento ochenta grados es verdadero en la geometría euclidiana, más no lo es en la geometría de N. I. Lobačevskij ni en la de B. Riemann. Y análogamente, el teorema según el cual un conjunto infinito de puntos tiene siempre un punto de acumulación, es verdadero o no verdadero según aceptemos la lógica usual o la lógica intuicionista.

Se concluye así que la llamada verdad matemática es un concepto esencialmente convencional, en cuanto directamente vinculado a las convenciones que se han elegido —en forma explícita o implícita— como base de la teoría en la cual se encuentra insertada la proposición de la que se afirma la verdad. Y lo mismo se repite con referencia a todas las teorías axiomatizadas, sean ellas matemáticas o físicas o biológicas: también con referencia a ellas una proposición puede considerarse verdadera sólo si es deducible de sus axiomas, y puesto que los axiomas tienen un carácter convencional, el mismo carácter se reconoce a las proposiciones que de ellos se deducen.

En el segundo capítulo hemos agregado, sin embargo, que entre los varios sistemas de axiomas matemáticos hay algunos más "intui-

tivos" que otros (y otro tanto puede decirse de los varios sistemas de lógica, y de todas las teorías axiomatizadas) o, si se quiere, más "familiares", tanto que estamos habituados a aceptarlos incluso sin declarar explícitamente su carácter convencional. Cuando se habla de "verdad matemática" sin agregar otras precisiones, se hace referencia cabal a proposiciones demostrables en tales sistemas y precisamente por esto se siente la tentación de considerarlas verdades absolutas; exactamente así las entendió Galileo cuando en una página que ya señaláramos al principio del capítulo IX, sostuvo que en la ciencia matemática alcanzamos un nivel de cognición a la par del que posee el intelecto divino. Vale la pena referir directamente sus palabras: "...para responder a la objeción (de Simplicio) —Salviati, es decir Galileo, observa (en la primera Jornada del *Dialogo Sopra i Due Massimi Sistemi del Mondo*)— conviene recurrir a una distinción filosófica, diciendo que el entender se puede tomar de dos modos, esto es, *intensivo*, o *extensivo*, y que *extensivo*, esto es cuanto a la multitud de los inteligibles, que son infinitos, el entender humano es como nulo, cuando bien él entendiese mil proposiciones, porque mil respecto de la infinidad es como un cero; mas tomando el entender *intensivo*, en cuanto tal término importa intensivamente, esto es perfectamente, alguna proposición, digo que el intelecto humano comprende a algunas de ellas tan perfectamente y tiene de ellas tan absoluta certeza, cuanto de ellas tenga la misma naturaleza; y tales son las ciencias matemáticas puras, esto es la geometría y la aritmética, de las cuales el intelecto divino bien sabe infinitas proposiciones más, porque las sabe todas, mas de aquellas pocas entendidas por el intelecto humano creo que la cognición iguala a la divina en la certeza objetiva, puesto que llega a comprender su necesidad, sobre la cual no parece que pueda haber seguridad mayor".

Obviamente Galileo no tenía noción alguna del carácter convencional de los axiomas de las teorías matemáticas, y aun menos del de las reglas lógicas (carácter que, como sabemos, salió a la luz sólo en tiempos muy recientes), y por ello podía sostener convencido que las proposiciones matemáticas que conocemos poseen una certeza objetiva absoluta; mas la conciencia hoy alcanzada acerca de la naturaleza efectiva de la matemática no permite ya compartir su tesis, por fascinante que sea.

La verdad de las teorías físicas

Para una proposición de contenido empírico las cosas son bien distintas. Referida a una proposición de tal tipo, la afirmación de que ella es verdadera no parece en efecto depender de meras convenciones, sino de la constatación de una correspondencia entre la proposición misma y la experiencia.

En el capítulo III, discutiendo el fundamental problema del contacto con la experiencia en las teorías físicas, hemos señalado la complejidad de los procedimientos que nos permiten aprender de la experiencia. Hemos subrayado en particular que en tales procedimientos el sujeto es activo, en cuanto no se limita a observar a la naturaleza mas la interroga.

Sin embargo, esto no debe hacernos olvidar que, aun siendo activo en la interrogación, el objeto se encuentra frente a una respuesta que no depende de él, mas que él debe limitarse a registrar.

De todas maneras, tratándose de simple "registro" nosotros no podemos decir que sea verdadero o falso, sino solamente si es fiel o no, exacto o inexacto, siempre en relación con los instrumentos de los cuales nos hemos valido en el registro mismo. Y entre estos instrumentos debemos incluir también al lenguaje, porque, si éste no es lo suficientemente rico, ciertamente no está en condiciones de describir las respuestas que la naturaleza ha dado a nuestra interrogación.

Se concluye de esto que la noción de verdad científica no puede resolverse en el análisis de las proposiciones singulares de contenido empírico, aun debiendo de algún modo hacer referencia a ellas, siempre en la hipótesis de que son fieles y exactas. Tal noción se refiere en cambio a las teorías; aunque precisamente aquí surgen muchos y graves problemas.

¿Qué significa que una teoría física (en la acepción más amplia del término) es verdadera? La asignación de este atributo a una teoría de este tipo significa que ella está en condiciones de explicar (en el sentido aclarado en el capítulo IV) a todas las proposiciones de contenido empírico *hasta ahora* consideradas fieles y exactas, concernientes al sector fenoménico abarcado por dicha teoría.

Ahora bien, esta misma respuesta presenta un carácter en cierto sentido revolucionario. En efecto, ella introduce en la noción de verdad una dimensión temporal, ligada al término "hasta ahora", y así relativiza tal noción al patrimonio de registros que hemos estado en condiciones de acumular.

Mientras en el ámbito de la matemática la noción de verdad se relativizaba a los sistemas de axiomas adoptados como base de las teorías particulares, en el ámbito de las ciencias físicas ella se relativiza hoy al conjunto de los registros acumulados en un cierto momento de la historia. Pero la física se relativiza también en otra dirección, más parecida a la de la matemática.

En breve, se trata de lo siguiente: como las teorías matemáticas, también las teorías físicas están generalmente constituidas por un sistema de proposiciones lógicamente relacionadas con ciertos principios (o postulados). Ahora bien, por cuanto se pueda considerar, y en general

se considere, que dichos principios son sugeridos por la experiencia, sabemos por los capítulos III y IV que tales sugerencias no determinan del todo la tesis enunciada por el principio en cuestión, así que éstos resultan en gran parte convencionales.

Como es obvio, este carácter convencional de los principios de las teorías particulares se refleja en las proposiciones de ellos obtenidas, de tal modo que también desde ese punto de vista se deberá sostener que las tesis enunciadas a partir de tales proposiciones no pueden ser consideradas verdades absolutas. Tampoco podrá decirse que las proposiciones en examen estén "probadas" por la experiencia de modo definitivo, sea por lo que dijimos algo más atrás acerca del continuo variar del patrimonio de registros en nuestro poder, sea por el carácter indeterminado de todos los registros, incluidos los más precisos (recuérdense las críticas al experimento crucial).

La verdad relativa

La noción de verdad estuvo durante siglos y siglos en el centro de las investigaciones filosóficas, siempre ligada a los atributos de "eterna", "inalterable", "absoluta". Así la entendía Galileo en el famoso párrafo que hemos transcrito al final del primer párrafo. A ella hacían referencia también las nociones de "hipótesis" o "conjetura" y de "error", en cuanto se consideraba que las hipótesis, antes o después, debían verificarse o falsificarse, y los errores refutarse para ser sustituidos por verdades correspondientes.

La noción que, en cambio, presenta aún hoy un aspecto de novedad es la de "verdad relativa", que surge de una seria y desprejuiciada reflexión acerca de los procedimientos de la ciencia, tal como intentamos ilustrar en los dos párrafos precedentes.

Las principales innovaciones que sugiere la adopción de la noción de verdad relativa se pueden resumir así:

1) El reconocimiento de que una teoría, aun cuando renunciamos a considerarla absolutamente verdadera, puede seguir siendo considerada verdadera para ciertos sectores limitados de la experiencia. Por ejemplo, partiendo de una atenta reflexión sobre el desarrollo de la ciencia, podemos afirmar que los principios de la mecánica clásica sirven aún hoy para describir con notable exactitud los movimientos de los cuerpos que poseen una velocidad muy inferior a la de la luz, sin vernos por ello obligados a sostener que servirán igualmente bien para describir todos los movimientos, como aquellos de los cuerpos que poseen una velocidad próxima a

la velocidad de la luz. Pues bien, ha sido una conciencia de este tipo la que nos permitió operar algunas revoluciones científicas radicales, sin impugnar *in toto* la verdad de la vieja ciencia.

2) La posibilidad de establecer una graduación para la verdad de las varias teorías: podremos por ejemplo afirmar que una teoría T es "más verdadera" que una teoría T' si el ámbito de verdad de T incluye como propio subconjunto al ámbito de verdad de T'. En casos como éste la función cumplida por la relativización de la noción de verdad es clara.

3) La posibilidad de representar el patrimonio completo de las verdades científicas sobre un espacio topológico y no sobre un simple agregado de puntos. Como se sabe, la diferencia entre un agregado (o conjunto) y un espacio topológico es la siguiente: que los elementos (o puntos) de un conjunto son elementos a los que sólo se requiere ser diferentes unos de otros, mientras para formar un espacio topológico se requiere que ellos estén ligados entre sí por relaciones bien determinadas; así, mientras la inclusión de un nuevo punto a un conjunto no modifica a aquellos que ya le pertenecían, la análoga inclusión a un espacio topológico implica la introducción de nuevas relaciones (cuando menos, las relaciones de los viejos elementos de dicho espacio con el ahora incluido) e implica en consecuencia una transformación de todo el espacio. Así el descubrimiento de un nuevo elemento del patrimonio de las verdades científicas repercute sobre todas las otras, modificándolas más o menos profundamente. Y esto es comprensible sólo si las interpretamos como verdades relativas, no como verdades absolutas.

La caracterización de las conquistas de la ciencia como verdades relativas tiene finalmente otra ventaja: la de tornar más estrechas las relaciones entre la ciencia y la técnica. Es clara, en efecto, la analogía entre el desarrollo de las verdades relativas de la ciencia y el de las realizaciones de la técnica; y en realidad tanto en un caso como en el otro tal desarrollo no implica la completa negación de cuanto ya se había adquirido previamente sino su delimitación a partir de las nuevas verdades relativas y de las nuevas realizaciones que ahora se poseen.

Ciertamente la conquista de renovadas verdades relativas no podrá satisfacer a quien está ávido de verdades absolutas, pero la única respuesta que nosotros podemos darle es que, si quiere, puede buscar esas verdades fuera de la ciencia, o de alguna manera no en su interior. La ciencia está únicamente en condiciones de ayudarnos a obtener verdades relativas, siempre parciales, siempre discutibles, siempre revisables: ella permite hablar de verdad absoluta sólo como límite del proceso efectivo empeñado en la búsqueda de ulteriores verdades relativas. Mas tal límite, que puede valer como estímulo para el hombre de ciencia militante,

no tiene nada que ver con aquello a que aspira quien tiene sed de verdades absolutas; él creerá encontrar tales verdades absolutas en el éxtasis, o en alguna fe religiosa, pero sobre esto la filosofía de la ciencia no tiene nada que decir.

Los criterios de las verdades relativas

¿A qué requisitos debe responder un hallazgo científico cualquiera para merecer el título de "verdad relativa"?

La pregunta está mal planteada porque parece suponer que exista un único criterio para todas las verdades relativas, criterio que el filósofo de la ciencia tendría que determinar. En realidad las cosas no son así, porque cada ciencia particular elabora —y transforma en el curso del tiempo— el criterio en base al cual decidir si los resultados que ella va encontrando pueden considerarse verdaderos (entendido, claro está, relativamente).

Para convencerse de esto basta una reflexión un poco atenta sobre la historia efectiva de las distintas ciencias.

Ya sabemos que las verdades obtenidas por la matemática y por las ciencias análogas a ella son "relativas" en un sentido muy particular, esto es, son relativas al sistema de axiomas que dan base a cada teoría y a las reglas lógicas aplicadas para demostrarla. Ahora bien, el sentido atribuido a las demostraciones ha cambiado de un siglo al otro, lo que prueba que el criterio de las verdades (relativas) matemáticas, no sólo es específico de la matemática sino que se ha transformado con el tiempo. Baste pensar en las transformaciones acaecidas al concepto de demostración de la matemática griega a la de los siglos XVI y XVII (esta última bastante menos rigurosa que la otra), y luego de la matemática del siglo XVII a la del XVIII y finalmente a la matemática de nuestro siglo.

Por cuanto respecta a los criterios de verdad (relativa) para las ciencias físicas (en el sentido general de éste término), usualmente pensamos que ellos se basan por un lado en la experiencia, y por el otro en las aplicaciones de los hallazgos científicos. Pero ya conocemos las dificultades que se encontraron para establecer un contacto entre las teorías y la experiencia; aquí baste agregar que cada ciencia ha debido valerse de artificios particulares para superar tales dificultades, artificios que son distintos por ejemplo de la física propiamente dicha a la biología y a la psicología, por no hablar de los cambios de un siglo a otro. Baste reflexionar sobre el hecho de que los experimentos que en los siglos XVII o XVIII alcanzaban para proveer un criterio de verdad a ciertos resultados, hoy son renovados con una precisión bien distinta y nos obligan a retocarlos tal vez en gran medida.

Tampoco se puede decir que la verdad (relativa) de tales resultados está para siempre garantizada por el gran número de aplicaciones que de ellos se hace en la técnica, dado que también estas aplicaciones se modifican de época en época (algunas son abandonadas, otras enormemente refinadas con el uso de otros principios científicos).

Resumiendo: la historia efectiva de la ciencia nos enseña que no existe un criterio bien determinado de verdad para los hallazgos de la física (en el sentido general del término). Ellos se consideran verdaderos por una concurrencia de diversos motivos (de la verificabilidad empírica a la riqueza de las aplicaciones técnicas, de las relaciones con otros hallazgos físicos ya aceptados como verdaderos por la comunidad científica, a la fecundidad que revelan para el ulterior desarrollo de la investigación), y esta su verdad está siempre abierta a todo género de revisiones, confirmaciones y eventuales correcciones.

Verdades relativas y escepticismo

Es notorio que muchos conceptos de importancia de la ética y de la política a veces evolucionan rápidamente en un corto lapso de tiempo; baste pensar en los conceptos de libertad, de propiedad, de familia, etc. Y es también notorio que algunos importantes conceptos científicos han evolucionado análogamente, como por ejemplo los conceptos de número, de fuerza, de masa, etc. ¿Por qué no admitir entonces que el concepto de verdad haya podido también cambiar profundamente de una época a la otra?

En efecto, la verdad se concebía como absoluta, inmodificable, eterna, cuando la cultura estaba dominada por la idea de un ser divino dotado precisamente de estas cualidades. Hoy la era teológica parece superada, y así también el concepto de verdad debe ser despojado de los atributos que se le asignaban durante tal era y que bajo ciertos aspectos tendían a identificar al ser divino con la verdad ("ego sum via, *veritas* et vita").

Mas este proceso de transformación nada tiene de fácil, pues surge la tentación de decir que, si la verdad no es absoluta, entonces no es verdad. Y así se sostiene que la ciencia, no estando en condiciones de conseguir verdades absolutas, se reducirá a un simple conjunto de hipótesis. El peligro del escepticismo ínsito en esta conclusión es tan evidente, que no merece ser subrayado.

Todos comprendemos sin embargo que se trata de un peligro grave, porque del escepticismo al irracionalismo el paso es bastante breve; y, en efecto, hoy muchos estudiosos se han dividido de quienes impug-

nan el valor de verdad de la ciencia para comenzar a impugnar el valor de la razón, no sólo en el campo teorético sino también en el campo de la conducta práctica.

No queremos con esto negar la función altamente positiva que han ejercitado en el curso de los siglos algunos pensadores calificables como escépticos, por ejemplo Hume. En efecto, ellos han tenido el gran mérito de oponerse con energía al dogmatismo (no sin motivo Kant se despierta del "sueño dogmático" precisamente por obra de Hume). Mas hoy el escepticismo, con sus consecuencias irracionalistas, no parece empeñado en reconstruir a nuestra cultura sobre un plano más crítico, sino más bien en resquebrajarla y demolerla. Por ello resulta de tanta importancia defender el valor de la verdad de la ciencia, aun reconociendo que ella sólo está en condiciones de obtener verdades relativas.

Verdades relativas e hipótesis

Pero ¿qué diferencia existe entre la afirmación de que la ciencia sólo está en condiciones de formular hipótesis y la afirmación de que ella está en condiciones de obtener verdades relativas? Ya hemos recordado al principio del tercer párrafo que la noción de hipótesis hace referencia a la de verdad absoluta, porque se sobreentiende que, con la prosecución de las investigaciones, o la hipótesis será falsificada y por lo tanto abandonada o será verificada y por lo tanto recogida en el dominio de las proposiciones verdaderas ("verdaderas" sin calificación, y no verdaderas en el sentido tradicional del término).

Si los resultados de la ciencia no pudiesen sobrepasar el nivel de las hipótesis, esto significaría que ellos siempre podrían ser falsificados y por tanto abandonados, pero no otra cosa. Al contrario, afirmar que ellos pueden demostrarse verdaderos de verdad relativa significa que siempre podrán ser completados, perfeccionados y eventualmente corregidos, pero que serán conservados de algún modo, si bien dentro de sus límites.

Se trata de un proceso que en la terminología de la dialéctica se indica con el nombre de "superación". Afirmar que una tesis está "superada" en el sentido de la dialéctica equivale, en efecto, a decir que la negación de ella, operada desde la antítesis, no la demuele completamente sino que la transforma, mas de tal manera que en la síntesis se conserve su núcleo central.

Dicho proceso es denominado por algunos autores (como por ejemplo Lenin) con el término "profundización", donde se entiende que una tesis "profundizada" no permanece tal cual era antes, sino que es insertada en un nuevo contexto que ilumina aspectos de ella anteriormente ignorados o escasamente relevados, haciendo emerger importantes conexiones que sería equivocado no tomar en consideración.

A quien nos pidiese algunos ejemplos de verdades relativas, nosotros podríamos responderle que todos los resultados científicos comúnmente considerados verdaderos son ejemplos de verdades relativas. El desarrollo de la ciencia consiste exactamente en su profundización, en su enriquecimiento y en su delimitación. Son, en todo caso, verdades que no pueden ser olvidadas, que continuarán encontrando aplicaciones en la técnica, que serán el punto de partida de nuevas investigaciones.

Poco antes hemos dicho que la noción de verdad absoluta reflejaba en sí la noción de "ser divino"; ahora podemos afirmar que la noción de verdad relativa refleja en sí la de "proceso científico". Galileo escribió que la ciencia "no puede sino avanzar"; ahora bien, en estas mismas palabras está contenida la idea de la verdad relativa; verdad que se desarrolla, se completa, se profundiza, es decir, "avanza"; en suma, verdad dinámica, totalmente distinta de la mera contemplación (del ser divino o de la naturaleza).

XI

Ciencia y realidad

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. R.

La realidad como realidad fenoménica

Los problemas que ahora se nos presentan son esencialmente dos; si tiene sentido hablar de una realidad independiente de nosotros y si la ciencia está en condición de conocerla.

A la primera pregunta se puede dar sin más una respuesta positiva, teniendo en cuenta lo que ya observáramos en el segundo párrafo del capítulo X acerca del proceso de "registrar" lo que la naturaleza nos dice. Una vez aceptado que las respuestas de la naturaleza a nuestras preguntas no dependen de nosotros, es menester sin embargo agregar dos cosas:

1) que la formulación de tales respuestas sí depende de nosotros, o sea del lenguaje que usamos en la interrogación, así que, en el registro de lo que la naturaleza nos dice, el sujeto es al mismo tiempo activo y pasivo;

2) que la realidad de la cual este proceso de interrogación y registro nos autoriza a hablar, es una "realidad fenoménica" en absoluto asimilable a cuanto por ella entendía Kant.

Este segundo punto merece ser analizado más a fondo. Por "realidad fenoménica" entendemos la realidad tal como es vista por los científicos que investigan, es decir la naturaleza de la cual nosotros también formamos parte, en la cual vivimos y actuamos. Para el científico que investiga no tiene sentido preguntarse si esta naturaleza existe, porque si no existiera perdería significado su propia práctica de investigador.

El desdoblamiento entre realidad y mundo de los fenómenos es una idea que proviene de una larga tradición metafísica, según la cual la realidad sería algo que está "por debajo" de los fenómenos, que está detrá de la experiencia. Mas en rigor, todas nuestras acciones, nuestros propios errores, nuestras investigaciones, se desenvuelven en el mundo

de la experiencia. Puede darse que para "explicar" el curso de los fenómenos, los hombres hayan apelado a algo que "estaba" o se consideraba que "estuviera" por debajo de ellos; mas el objeto de sus búsquedas era siempre el mundo fenoménico. Es en comparación con él que se han pronunciado siempre los juicios acerca del éxito o fracaso de una acción, acerca de la exactitud o error de una previsión, acerca de la fecundidad o no de un programa.

En el curso de nuestras reflexiones puede parecer cómodo separar al conocimiento de la acción, pero se trata siempre de una separación ficticia. No es que ellos sean totalmente identificables entre sí, mas es un hecho que nuestra vida es al mismo tiempo conocimiento y acción. Y es un hecho que tanto el uno como la otra se desenvuelven en el mundo de la experiencia, no en un mundo ultrafenoménico. Es en este mundo que nosotros encontramos dificultades a veces gravísimas y es en él que realizamos esfuerzos para superarlos; hablar de una realidad fuera de él, es hablar de algo que no incumbe ni interesa a las ciencias (y no sólo no interesa a las ciencias físicas sino tampoco a las sociales).

Del mismo modo, la distinción entre ilusión y realidad es una distinción que se da dentro del mundo de la experiencia, y los criterios para hacerla son al mismo tiempo teóricos y prácticos. Mas la aceptación de esta tesis no significa acoger una filosofía empirista o pragmatista. El empirismo es una filosofía que tiende a reducir todo el mundo a un conjunto de datos inmediatos, conectados entre sí por el sujeto cognoscente. Según ella hablar de objetos no tiene un sentido riguroso, pues lo que existe son solamente tales datos, y por lo tanto las ciencias que hablan de objetos están fuera de la realidad. Lo mismo podría repetirse para el pragmatismo, según el cual los objetos que constituyen el mundo, de los cuales se ocupa la ciencia, no poseen en rigor una existencia propia en cuanto ésta estaría únicamente garantizada por nuestro actuar sobre ellos. Al contrario, la tesis, según la cual los criterios para efectuar una distinción entre ilusión y realidad son al mismo tiempo teóricos y prácticos, sobresale tanto de los cánones del empirismo puro como los del pragmatismo puro; ella subraya el hecho de que tal distinción no tiene necesidad de apelar a entidades que trascienden la experiencia, mas sólo a instrumentos que venimos construyendo poco a poco en el mundo de la experiencia y que tienen una validez no meramente subjetiva.

Recapitulando, podemos decir que la realidad de que habla la ciencia es una realidad de carácter fenoménico (o sea que no trasciende el mundo de la experiencia) pero al mismo tiempo no meramente ligada a la percepción o acción del sujeto, en cuanto dentro de ciertos límites lo que se registra es independiente de quien lo registra.

La ciencia como conocimiento gradual de la realidad fenoménica

Podemos ahora preguntarnos si la ciencia está en condición de conocer tal realidad. Ya hemos analizado la noción de verdad en el capítulo anterior; aquí se trata de discutir si los resultados científicos verdaderos (entiéndase una verdad relativa) nos permiten aprehender la realidad de que hemos hablado, y con qué límites. A primera vista nos veríamos tentados a afirmar que no tienen éxito en tal intento, y esto por dos motivos:

1) porque las ciencias se originan siempre en una abstracción, y por lo tanto no consideran a la experiencia en todo su carácter concreto sino que prescinden de algunos aspectos de los fenómenos para detenerse sólo en otros, a los que casi aísla del todo (por ejemplo, la mecánica estudia las propiedades de los cuerpos en movimiento sin ocuparse de la composición de dichos cuerpos, la electrología estudia sólo las cargas eléctricas, etc.);

2) porque las representaciones que las ciencias nos proveen de la naturaleza son siempre provisorias, tanto que, dado el ininterrumpido sucederse de tales representaciones, no sabemos si alguna de ellas —y cuál— logra efectivamente adecuarse a la realidad.

Comenzaremos a discutir este segundo motivo. Este se basa en un postulado implícito: el postulado por el cual la naturaleza sería siempre la misma, y estaría constituida por un único nivel de tal manera que en rigor no se podría dar más que una sola representación adecuada de ella. Si en cambio se admitiese que la naturaleza posee distintos niveles, resultaría perfectamente comprensible que se pudiera dar distintas representaciones de ella, cada una adecuada a un bien determinado nivel.

El antedicho postulado tiene su origen en una antigua tradición religiosa, según la cual un ser divino habría creado instantáneamente al mundo, al que habría plasmado siguiendo un proyecto unitario de modo análogo a como hace el constructor de una máquina complicada (recuérdese la imagen del siglo XVII del Dios como gran relojero). Mas el continuar aceptándolo sin discusión es un acto manifiestamente dogmático.

Si en cambio no se lo acepta, resulta lícito admitir que el mundo pueda estar constituido por distintos niveles, correspondiendo a la investigación científica decidir si es verdadero (bien entendido, relativamente verdadero) que el mundo tenga en la realidad distintos niveles o tenga uno solo.

Por cuanto respecta al primero de los dos motivos antes señalados,

observaremos que no parece suficiente para invalidar la tesis según la cual la ciencia estaría en condición de aprehender la realidad de la naturaleza. Si es efectivamente verdadero que cada ciencia procede siempre abstrayendo algunos aspectos de la experiencia sobre los cuales centra su investigación prescindiendo de los demás aspectos de ella, cierto es también que este modo de proceder no desfigura obligatoriamente a la realidad. Nada excluye en efecto que nuestro conocimiento pueda proceder gradualmente; sólo el presunto conocimiento intuitivo excluye toda gradualidad.

Sin duda, si se nos debiera encerrar en el estudio de un solo aspecto de la naturaleza excluyendo que otros aspectos puedan ser también indagados, se nos formaría una representación errada de ella y no podríamos aportar ninguna contribución seria al conocimiento de la realidad. Mas la abstracción científica no implica necesariamente una cerrazón tal.

Ella tiene puramente el objeto de ponernos en condición de profundizar la indagación de un sector de la experiencia. La matematización de los fenómenos contribuye, entre otras cosas, a este fin: en efecto, sirve para esquematizarlos, o sea para concentrar nuestra atención en aquellos que nos interesan, para explicitar los principios según los cuales consideramos que se desenvuelven y para recabar con precisión todas sus consecuencias.

Admitir que nuestro conocimiento proceda en pasos sucesivos es algo perfectamente natural. Queda claro que el conocimiento no se agota en alguno de estos pasos, los que deben integrarse recíprocamente. La investigación científica nos lleva a realizar muchos de estos pasos, sin pretender que los cumplamos todos de golpe y sin pretender que ellos nos lleven a verdades absolutas; péro la praxis nos demuestra que se trata en todo caso de resultados de notable importancia.

Carácter dinámico del conocimiento científico. El proceso de profundización

En *Materialismo y criticismo empírico* Lenin sostiene que el conocer es un proceso que nos lleva de "conocimientos transitorios, relativos, aproximados" a otros cada vez "más completos y precisos"; en otros términos, es un proceso esencialmente dinámico, donde este dinamismo no es atribuible exclusivamente al sujeto que intenta conocer el mundo, sino también a los resultados que él obtiene y que adquieren un valor de verdad sólo en cuanto se insertan en una cadena de resultados cada vez más satisfactorios.

Las ciencias nos muestran ejemplos brillantes de este proceso. En general sus descubrimientos se nos presentan en forma por así decir aislada (ley de Newton, ley de Ampère, ley de Gay Lussac, etc.), mas se trata de una presentación profundamente engañadora, ligada a la vieja interpretación que veía en ellas verdades absolutas. Habiendo tomado nota de la insostenibilidad de esta interpretación, hoy comprendemos que no se puede entender a tales descubrimientos en todo su valor si no los encuadramos en la historia de las investigaciones que condujeron a ellos y que en ellos se originaron. Esta simple reflexión nos aclara además el significado del término "aproximado" que aparece en la frase de Lenin poco antes referida. Mientras para la concepción tradicional un conocimiento, si es auténtico, debe adecuar completamente al objeto conocido de manera tal que, una vez adecuado (o aferrado) ya no podrá adecuarlo más que antes, en cambio según la nueva concepción él lo aproxima, donde en el verbo "aproximar" está ínsito el "más" o el "menos".

Acerca del significado de este verbo se generan muchos malentendidos, pues parece que hiciera referencia a un término final (absoluto) que se nos aproxima. Sin embargo parece claro que no habría otro más idóneo para caracterizar un conocimiento que no pretende ser ni absoluto ni definitivo. Ahora bien, dado que ningún resultado científico pretende ser absoluto, o sea no ulteriormente perfectible ¿por qué habría de prohibirse el calificarlo como "aproximado"?

Lo explicado hasta ahora nos autoriza a sostener que la ciencia conoce efectivamente la realidad, mas la conoce de modo aproximado, no absoluto, por lo que el conocimiento que ella provee no llega a "agotar" al objeto a que hace referencia.

Y no lo agota por dos motivos: en primer lugar porque este objeto, la naturaleza, nos presenta siempre nuevos datos independientes de nosotros, que debemos tener en cuenta al construir una representación satisfactoria de la realidad; en segundo lugar porque cada conocimiento está siempre sujeto a profundización. Así por ejemplo la física atómica ha profundizado el resultado establecido por D.I. Mendeleev con su famosa tabla periódica de los elementos, así la teoría general de la relatividad ha profundizado el resultado, ya conocido, de la identidad entre la masa gravitacional y masa inercial; así la moderna genética ha profundizado el significado de la teoría darwiniana de la evolución, etcétera.

De todo esto se puede concluir que el dinamismo del conocimiento científico se exterioriza a lo largo de dos directrices: la de la adquisición de datos siempre nuevos (procurado mediante técnicas de observación cada vez más complejas y refinadas) y la de la profundización de los resultados obtenidos previamente (profundización que, como sabemos por lo dicho en el capítulo anterior, es esencialmente fruto de una elabora-

ción teórica, esto es, de una ampliación de la perspectiva, de un nuevo encuadramiento de los viejos conceptos, de la puesta en foco de relaciones antes ignoradas o apenas entrevistas).

Cuando el hombre de ciencia militante habla de conocimiento científico, habla de él en el significado ahora analizado, así como cuando habla de realidad, habla de ella en el significado que hemos tratado de aclarar en las páginas precedentes: realidad no metaempírica, no metafísica, y conocimiento no absoluto sino siempre aproximado.

Las teorías científicas no son meras convenciones

Cuando los filósofos de la ciencia ponen en duda el valor cognoscitivo de la ciencia, fundan esta duda sobre todo en el descubrimiento del carácter convencional de las teorías científicas. Ahora bien, este descubrimiento constituye innegablemente un "punto de no retorno" de la reflexión moderna sobre la ciencia; así, constituye una verdad, mas una verdad relativa en el sentido que tantas veces hemos aclarado.

La noción de "verdad relativa" que hasta ahora hemos tratado de aplicar a los resultados de las investigaciones científicas, puede ahora aplicarse también a los resultados de la reflexión epistemológica. En otras palabras: hoy ya no se puede negar la presencia de abundantes factores convencionales en la elaboración de las teorías científicas (sea matemáticas, sea físicas). Pero esto no significa exactamente que ellas estén privadas de valor cognoscitivo.

El argumento más persuasivo contra la reducción de las teorías científicas a meras convenciones, nos parece provisto por la teoría de la profundización, en cuanto existe una manifiesta incompatibilidad entre el proceso de profundización y la antedicha interpretación convencionalista de las teorías científicas. En efecto, no tiene ningún sentido afirmar que una teoría constituya la profundización de otra si las interpretamos como puros y simples juegos. Se sabe que cuando dos juegos se basan en reglas distintas, resultan inconfrontables entre sí, así que no se puede decir que uno de ellos sea una ampliación o una profundización del otro.

Tal como destacamos poco más atrás, en la práctica científica ocurre sin embargo muy a menudo que una teoría constituya la profundización y ampliación de otra. Debemos por lo tanto concluir que, a menos que se considere lícito construir una filosofía de la ciencia totalmente escindida de la práctica (cosa que a nosotros no nos parece en absoluto lícita) deberemos rechazar —en nuestra obra de reflexión sobre la ciencia— una concepción filosófica que no vaya más allá del convencionalismo.

Pero ir más allá del convencionalismo significa admitir que la ciencia está en condición de adquirir conocimientos auténticos. Ahora el problema pasa a ser el siguiente: conciliar la presencia en la ciencia de algunos importantes aspectos convencionales y al mismo tiempo su capacidad de hacernos conocer algo independiente de nosotros. Esta conciliación se basa en la interpretación de la ciencia como instrumento cognoscitivo: instrumento construido por nosotros siguiendo ciertas reglas que no tienen en sí nada de absoluto en cuanto siempre pueden ser modificadas, corregidas, mejoradas o incluso sustituidas por otras totalmente nuevas, pero construidas con la precisa intención de transformar el curso de los fenómenos naturales, obligándolos a someterse a nuestros planes a pesar de que su entidad será siempre irreductiblemente ajena a nosotros.

De lo ahora explicado resulta claro que puede considerarse a la ciencia como un auténtico proceso cognoscitivo, por dos motivos:

1) porque es un proceso que opera sobre una realidad no totalmente irreductible al sujeto singular;

2) porque en este operar no se vale siempre de los mismos instrumentos (o sea de categorías *a priori* inmodificables que tendrían la función de plasmar al propio objeto);

3) porque, precisamente como consecuencia de esta modificabilidad, no se detiene en alguna representación de la realidad considerándola definitiva y absoluta, sino que siempre está dispuesta a corregirla, ampliarla y profundizarla;

4) porque manifiesta un perenne dinamismo, en el que intervienen dialécticamente factores subjetivos y objetivos.

Se trata obviamente de un proceso que se puede llamar "cognoscitivo" en un sentido muy distinto del tradicional, pero que sin duda merece tal calificación si entendemos al conocimiento en el sentido que hemos discutido y precisado en el capítulo precedente, que es por otra parte el único sentido que puede resultar hoy aceptable a la luz del proceder efectivo de las ciencias modernas.

XII

Ciencia y concepción del mundo

Sobre la presunta neutralidad teorética de la ciencia

Hasta el final del siglo XVIII y también parte del XIX se sostenía unánimemente que la ciencia hacía una contribución esencial a la elaboración de la imagen que el hombre trata de hacerse del mundo en su globalidad. En otros términos: aún admitiendo que esta elaboración es una función específica de la filosofía, se admitía al mismo tiempo que la filosofía nunca habría podido encarar seriamente esta tarea sin tener en cuenta los resultados de la ciencia. La situación cambió radicalmente en las décadas sucesivas debido al gradual distanciamiento entre ciencia y filosofía.

Esta distanciamiento se debió por un lado a la prevalencia, en el ámbito de la filosofía, de corrientes espiritualistas e idealistas privadas de interés por los problemas de la naturaleza, pero por otro lado se debió a un nuevo carácter asumido por la misma investigación científica. Nos referimos al carácter de ciencia especialística, que ya mencionamos en el capítulo V.

Es innegable, como aclaramos en dicho capítulo, que muchos científicos militantes suelen hoy recluirse tan estrechamente en sus propias investigaciones especializadas que ya no se interesan en lo más mínimo por cuanto ocurra en las otras disciplinas y tanto menos por las repercusiones que los resultados así obtenidos puedan tener en el campo general. De aquí la difundida opinión de que la auténtica ciencia no tiene nada que decir acerca de la concepción del mundo, y que sus tradicionales relaciones con la filosofía se deben únicamente a un equívoco (más precisamente, a una incomprensión de las precisas funciones actuales de la ciencia).

Precisamente este desinterés filosófico generó la interpretación de la ciencia como actividad teoréticamente neutral: neutralidad que favorecía indirectamente la permanencia de las viejas concepciones míticas, presentándolas como algo totalmente extraño al ámbito del conocimiento y por lo tanto inatacables por los descubrimientos científicos. Sin embar-

go, a tal neutralidad teorética nosotros sostenemos poder contraponer la siguiente tesis: si es innegable que la ciencia de nuestra época, de carácter marcadamente especialístico, no puede ya pretender —como pretendía por ejemplo la de Newton— hacernos obtener una concepción verdadera y definitiva del universo, es igualmente innegable que ella está en condición de hacernos rectificar viejas concepciones heredadas de generaciones pasadas pero hoy manifiestamente insostenibles.

En realidad el hombre siempre ha aspirado a construirse una concepción general del mundo, y no parece haber motivo para suponer que hoy haya renunciado a esto. Simplemente ha renunciado a atribuir a la ciencia, en tal construcción, la misma función que le atribuía en el pasado.

La presunta neutralidad práctica de la ciencia

Antes de proseguir con nuestro estudio sobre la contribución que la ciencia actual puede dar para la construcción de una concepción general del mundo, será oportuno ponernos en guardia contra la más grave consecuencia que derivaría de la aceptación de lo que hemos dado en llamar tesis de la "neutralidad teorética" de la ciencia.

Se trata de la convicción de que la ciencia, supuesta teóricamente neutral, no pueda hacer otra cosa que reducirse a una actividad de nivel inferior, esto es, a una mera fábrica de intrumentos (teóricos y prácticos) a disposición de quien esté en condición de servirse de ellos. Y dado que estos instrumentos (nos referimos en particular a los prácticos) son en general extremadamente costosos, sucederá que sólo quien posea enormes recursos financieros estará en condición de servirse de ellos.

De la "neutralidad teorética" se pasará a la "neutralidad práctica", es decir a una concepción de la ciencia entendida como instrumento al exclusivo servicio de los poderosos, que la utilizarán para los fines más diversos (y no rara vez abyectos). Y este mismo uso la volvería particularmente nociva para la sociedad en que vivimos, proveyendo a quien la dirige de mejores instrumentos para servirse de las clases sometidas, forzando al individuo a ciertas formas de actividad y no a otras, orientando sus necesidades hacia determinadas direcciones, influyendo sobre sus gustos y por fin sobre sus pensamientos. En efecto, no se puede negar que quien tiene en sus manos los resortes del poder, posee hoy medios de propaganda y de represión mental que en otros tiempos eran sencillamente inimaginables.

Así las cosas, es bien comprensible que se haya difundido en estos últimos años un clima de desconfianza hacia la ciencia (vista en su encierro en el especialismo antifilosófico) que ha conducido a muchas personas de buena fe, e incluso a muchos jóvenes científicos, a acusarla de haber hecho posible un proceso de escandalosa servidumbre de la humanidad, o al menos de haberlo incrementado en gran medida. Este clima ha favorecido el renacimiento de una mentalidad romántica, antirracionalista, partidaria de un retorno a antiguas creencias religiosas.

No se puede negar que estas creencias encuentren hoy muchos adeptos, en especial entre los jóvenes, ansiosos de liberarse de la esclavitud de la sociedad en que están obligados a vivir. Una de las causas más directas de sus ansias, de su necesidad de rebelión, debe buscarse sin duda en el vacío cultural que la cerrrazón del especialismo científico parece arrastrar consigo. De aquí la importancia de una batalla que se oriente a demostrar que el triunfo del especialismo no tiene por consecuencia la desaparición de todo interés filosófico por parte de la ciencia, sino sólo la renovación radical de tal interés.

En qué sentido se puede hablar hoy de concepción del mundo

En un primer tiempo esta renovación tuvo lugar con el desplazamiento del interés de la filosofía, del mundo (objeto de las investigaciones científicas especialísticas) a la ciencia misma, esto es, a su estructura, a su lenguaje, a sus métodos, a su historia. Y así, en lugar de buscar una concepción del mundo que no contraste con los resultados de tales indagaciones especialísticas, se ha buscado una concepción de la ciencia, que refleja en síntesis las características más significativas de las indagaciones científicas en su desenvolvimiento histórico y en su constitución actual.

Esta es hoy, justamente, la función específica de la filosofía de la ciencia, tal como estamos esforzándonos por delinearla resumidamente en la presente obra. Pero precisamente la tramitación de esta tarea nos ha llevado al problema siguiente: ¿tiene todavía sentido hablar de concepción general del mundo, o es menester abandonar definitivamente por ilusoria a la exigencia misma de tal concepción? La respuesta que en mi opinión se puede dar a este interrogante es que hoy todavía tiene sentido hablar de concepción general del mundo, si bien tal concepción no debe constituir un manto de plomo que frene el libre desarrollo de las investigaciones particulares. Esto significa que ella no debe tener un carácter estático, y por lo tanto no puede consistir en la simple generalización de los resultados de una bien determinada ciencia, por importantes que sean (por ejemplo los resultados de la termodinámica o de la biología, como

sostuvieron algunos científicos filósofos del siglo pasado), pues en este caso la antedicha generalización se presentaría como un punto de llegada y así como algo fijo. Por otra parte, tampoco puede consistir en la pura suma de los resultados de las ciencias particulares porque, en este caso, si bien es cierto que no tendría un carácter estático, tampoco tendría un carácter unitario, y entonces no sería una concepción general del mundo.

Pero entonces, ¿en qué cosa consistirá? En una concepción teórica capaz de organizar entre sí a los trabajos de las ciencias particulares, de enlazarlos entre sí, de extractar el significado que las conquistas de una ciencia tiene para las demás: construcción teórica no rígida sino flexible, que surge de una reflexión sobre el desarrollo de las distintas investigaciones consideradas en su conjunto y no en su singularidad, y por ello analizadas en todos los factores que las determinan (cognoscitivos, culturales, sociales).

Si recordamos la noción, aclarada en los capítulos precedentes, de patrimonio científico-técnico, podemos decir que la concepción del mundo de que estamos hablando no es otra cosa que la representación "en devenir" de este patrimonio. En breve: no es un sistema arquitectónico más o menos armonioso superpuesto al flujo de resultados de nuestras investigaciones, sino que es el fluir mismo de la investigación, algo inmanente a ella.

No sería de sorprenderse si, así entendida, la concepción del mundo interesara también al científico investigador, quien se sentirá profundamente comprometido en ella, en cuanto elemento activo de la elaboración del patrimonio antedicho.

Podemos ahora preguntarnos si el eje de la concepción general del mundo, en el sentido señalado, puede estar constituido por el concepto de naturaleza. La respuesta es manifiestamente positiva porque también el concepto de naturaleza tiene una historia, estrechamente conectada a la de las ciencias, o sea que es un concepto que se desarrolla y se enriquece con la profundización de las investigaciones físicas (donde este término se entiende en el sentido más amplio posible) como sería fácil de demostrar con una rápida comparación entre la imagen de la naturaleza que tenían los presocráticos y la que tuvieron los "mecanicistas" de los siglos XVII, XVIII y XIX.

Por largo tiempo la naturaleza fue concebida, prescindiendo de estas transformaciones de significado, como el objeto común de investigación de todas las ciencias no puramente formales (es decir, no puramente lógicas o matemáticas) y, en consecuencia, como el punto de referencia obligado para resolver el problema de su unificación.

Hoy, ya establecida la especialización, sabemos que el problema se presenta en forma mucho más compleja. Después de lo explicado en el

capítulo VI, baste agregar aquí que el término mismo de "naturaleza" tiende a desaparecer del lenguaje científico, y con él desaparecen algunos problemas generales de él derivados; típico es el problema que Galileo afrontó magistralmente cuando sostuvo que "el libro de la naturaleza" estaría escrito en lenguaje matemático.

Sobre la "racionalidad" de la naturaleza

Mas el problema general de mayor relevancia concerniente a la naturaleza es el problema de su racionalidad.

Hoy ya no tiene sentido discutir si la naturaleza es en sí misma racional o no; mas sí tiene sentido discutir si los diversos sectores del mundo natural son descriptibles, y hasta qué punto, con teorías de estructura racional, es decir, con teorías calificables como científicas. Contra este desplazamiento de los términos del problema se objetará que constituye un paso hacia el subjetivismo, porque las teorías son sin duda construcciones de nuestra mente, mientras el problema antes formulado (si la naturaleza es en sí misma racional) versaba sobre algo objetivo (la naturaleza).

Se puede responder a esta objeción observando que las teorías científicas, como hemos aclarado en los capítulos X y XI, si bien contienen elementos de carácter convencional poseen también otros que podemos considerar de carácter objetivo por ser independientes de nosotros. Y la presencia de estos elementos es suficiente para garantizar un carácter objetivo, si bien no absoluto, a los descubrimientos científicos y por lo tanto al concepto de naturaleza en el sentido recién señalado.

Volviendo al problema de la racionalidad de la naturaleza, resulta claro por cuanto hemos dicho que tal racionalidad es aquella y sólo aquella determinada poco a poco por las investigaciones científicas, así que no tiene sentido considerarla como siempre la misma, como uniformemente válida para todos los fenómenos naturales. Un modo tal de interpretarla, considerándola siempre idéntica, podría sugerirnos la idea de que ella constituye una forma *a priori*, con sus raíces en la misma mente humana; mas esto no puede ocurrir si ella no posee caracteres determinables *a priori*, sino sólo caracteres impuestos por la ciencia y de tanto en tanto cambiantes según su evolución.

De aquí se sigue que esta racionalidad no puede agotarse en el tipo de racionalidad propia de los sistemas de estructura lógico-formal, si bien no se puede negar la importancia de estos últimos (mas la racionalidad que se expresa en las ciencias experimentales es, en todo caso, otra cosa). Nada más dogmático, entonces, que la actitud de quien pretende-

ría condenar *a priori* toda tentativa de ampliar el concepto de racionalidad, como la inclusión de grupos de fenómenos antes considerados irracionales.

El hecho es que las más de las veces calificamos como racional simplemente aquello que la ciencia de nuestra época nos ha habituado a tomar por acertado; por ejemplo que dos sólidos puntiformes se atraen con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de su distancia, cuando en ello no hay cabalmente nada de racional (¿por qué no podrían atraerse con una fuerza inversamente proporcional al *cubo* de su distancia?). Y somos en cambio reacios a atribuir el título de racionales a las argumentaciones que siguen esquemas distintos de los de la lógica clásica, por ejemplo las que siguen esquemas de la llamada lógica dialéctica que sin duda se han mostrado muchas veces eficacísimos en el estudio de los fenómenos históricos.

En conclusión: la presunta racionalidad de la naturaleza es simplemente la racionalidad de la ciencia, es decir una racionalidad que varía de una ciencia a otra y que es siempre ampliable con el ampliarse de los campos que nosotros sometemos a la investigación científica y de los métodos con que desenvolvemos tal investigación. Si alguien sostiene poder hablar en otro sentido de tal racionalidad, es porque prefiere confiarse a intuiciones indeterminadas e indeterminables.

El problema del orden natural

Hablar de racionalidad de la naturaleza en este sentido intuitivo, genérico y vago parece requerir que se incluya en el concepto de naturaleza al concepto de orden, y esto parece dar origen a una grave dificultad. No se puede negar en efecto que la existencia de un orden natural aparezca difícilmente conciliable con el hecho de que el hombre, precisamente aprovechando ese orden, logre torcer el curso de la naturaleza encaminándolo a ciertos fines que él preestablece.

Para discutir esta dificultad conviene ante todo disolver un equívoco: el equívoco de contraponer el hombre a la naturaleza y así de considerar que el hombre esté a merced del orden natural como un prisionero está a merced de su propio carcelero. Al contrario, él forma parte de la naturaleza y lo que llamamos "concepción general del mundo" deberá incluir en sí tanto a los llamados "fenómenos naturales" como al hombre entendido en su globalidad de ser físico y ser mental.

Y todavía una vez más, el modo más oportuno para describir la relación hombre-naturaleza parece ser el recurso a la historia de la ciencia, cuyas categorías nos permiten comprender cómo los conceptos de naturaleza y de hombre no son conceptos rígidos como los imaginaba la metafísica sino conceptos en continua transformación que por lo demás se necesitan el uno al otro. Resultará claro que la acción del hombre sobre la naturaleza no es una acción desde su exterior sino desde su interior, y así se presenta como básicamente análoga a la acción recíproca de los diversos factores naturales uno sobre el otro, salvo el hecho de que en este caso uno de los factores (el hombre) tiene características específicas relacionadas con la historia de la sociedad.

El hecho es que el problema de las relaciones entre el hombre y la naturaleza no se toma en abstracto, sino que se lo trata con referencia a las situaciones históricas concretas en que el hombre vive. Puesto que se trata de una relación así, no tiene sentido pretender resolverla con una fórmula general válida para todo lugar y todo momento.

Por lo demás, a decir verdad, es fácil darse cuenta de que el problema de las relaciones hombre-naturaleza es interpretado por el hombre común, el cual se cuida bien de la pretensión de decidir *a priori* hasta qué punto el hombre llegará a plasmar a la naturaleza según sus propios fines, sabiendo que eso sólo podrá determinarse *a posteriori* en base al nivel alcanzado poco a poco por el desarrollo de la ciencia y de la técnica. En otras palabras: no tiene sentido preguntarse en general qué podrá hacer la acción del hombre sobre la naturaleza, sino sólo qué resultado puede obtener una cierta técnica bien precisa, adquirida en una fase bien determinada del desarrollo de la humanidad.

Naturaleza e historia

Muchas corrientes filosóficas han sostenido la necesidad de separar el mundo de la historia, como mundo esencialmente humano, del mundo de la naturaleza. Y de acuerdo con ellas muchos filósofos de la ciencia han limitado sus propias indagaciones a las ciencias físicas (además de las matemáticas, naturalmente) en la firme convicción de que sólo éstas merecerían plenamente el título de disciplinas científicas. Pero que esta tesis es nuestro a parecer insostenible resulta claro ya por cuanto hemos dicho en capítulos anteriores, en particular en el capítulo VII, en el tercer párrafo, cuando señalábamos el hecho de que la ciencia moderna habla de causa aún a propósito de fenómenos no repetibles como lo son precisamente los fenómenos históricos, y en el capítulo VIII, en el tercer párrafo, cuando consideramos el enlace entre el determinismo sociológico y cultural y el determinismo biológico.

Esto merece reforzar y explicitar nuestra posición, que deriva directamente de nuestra interpretación crítica de la empresa científica, empre-

sa de la que hemos subrayado su carácter no rígido sino articuladísimo. La exclusión de la historia de las disciplinas científicas se relacionaba con el hecho de que se interpretaba a estas últimas como conjuntos de verdad absoluta y se les atribuía la capacidad de enunciar previsiones absolutamente verdaderas. Mas una vez abandonado el prejuicio de que la ciencia nos debe llevar a la conquista de verdades absolutas, y de que en base a ello debe estar en condición de hacernos prever con certeza absoluta el curso de la naturaleza, la antedicha exclusión pierde toda razón de ser.

Lo que nos llevó a abandonar por dogmática la exclusión nombrada, es el planteo mismo que hemos tratado de dar a nuestras indagaciones de filosofía de la ciencia, planteo que no parte de una definición apriorística de la ciencia sino de un examen, lo más exacto posible, de las características efectivas de la investigación científica. Se podrá observar que con nuestro planteo nos hemos vuelto paladines de una interpretación *historicista* de la ciencia. Aceptamos esta observación sin pensar en una crítica. Es en verdad un hecho innegable que nosotros vivimos y actuamos en la historia, y que por lo tanto también nuestras construcciones científicas se constituyen y se desarrollan en la historia. Y lo mismo puede repetirse para nuestra concepción general del mundo, por no mencionar a los conceptos de naturaleza y de racionalidad.

Lo importante es darse cuenta de que estas construcciones científicas no se rigen *solamente* por la historia (por ejemplo, por la gradual elaboración de los postulados y por el gradual registro de los datos empíricos con instrumentos cada vez más sensibles y precisos), sino que poseen *también* una base objetiva aun sin constituir verdades absolutas.

Hemos dicho que las ciencias y las técnicas llevan la impronta de la fase histórica en que fueron construidas, y que por lo tanto no se las puede comprender y valorar a fondo si se prescinde de esta impronta, o sea que no pueden ser comprendidas fuera de la historia; mas no por ello pierden un significado y un alcance objetivo, como resulta de todos los análisis llevados a cabo en los capítulos precedentes.

Una cierta confusión deriva del hecho de que, cuando hablamos de naturaleza o de fenómenos naturales, no podemos prescindir de servirnos de conceptos, y éstos tienen ciertamente un carácter histórico aunque no significa que tales conceptos estén privados de referencias objetivas. Estas referencias no se identifican con los conceptos mismos (por ejemplo, los resultados de las ciencias naturales no se identifican con el concepto de naturaleza), pero les dan un soporte que nos impide considerarlos construcciones puramente arbitrarias.

De esto resulta que, aún no pudiendo hablarse de fenómenos naturales o de eventos humanos sin hacer uso de conceptos que surgen y se

transforman en el tiempo, debemos reconocer que lo que nosotros podemos decir apoyándonos en rigurosos análisis científicos posee una objetividad propia que no contrasta con su historicidad. Podemos decir además que se trata de dos características complementarias, dialécticamente relacionadas entre sí. Ambas se encuentran en todas las ciencias, tanto como para constituir un carácter común a todo lo que hoy denotamos con el término "saber científico".

Si la dialéctica "valor histórico relativo-valor objetivo" está presente en todas las ciencias, el hecho de encontrarlas en las disciplinas histórico-humanísticas no podrá constituir un motivo para contraponerlas a las llamadas "ciencias exactas". Nada tiene de extraño que, partiendo de la dialéctica señalada, digamos que el conocimiento humano participa de la dialéctica de la naturaleza como participa de la de la historia.

Tampoco olvidamos la analogía de las dificultades que en-contramos estudiando el curso de la naturaleza y el curso de la historia. En las páginas precedentes hemos puesto de relieve la dificultad de conciliar la existencia de un orden natural con la innegable facultad que el hombre posee de intervenir sobre aquél para modificarlo. Y bien, una dificultad no disímil se reencuentra cuando se trata de conciliar la existencia de un orden global en el curso de los eventos históricos con nuestra facultad de intervenir sobre ellos para modificarlos.

Nuevamente se resuelve esta dificultad reconociendo el carácter flexible (no rígidamente mecánico) del orden histórico al igual que el del orden natural. El haber descubierto las reglas, relativamente verdaderas, de dichos órdenes no comporta que se nos someta pasivamente a ellos, renunciando a toda iniciativa tendiente a influir sobre los fenómenos físicos o sobre los histórico-sociales en que hemos encontrado a dichos órdenes.

Al contrario, como el conocimiento de las llamadas leyes de la naturaleza nos permite potenciar nuestra intervención sobre los fenómenos naturales, así el conocimiento de las causas de los fenómenos histórico-sociales nos permite intervenir con mayor eficacia para imprimirles una cierta orientación en lugar de otra. Se trata, tanto en uno como en otro caso, de penetrar más a fondo en la estructura de la naturaleza y de la historia para dirigir mejor nuestras acciones.

Nuevamente la ciencia, en su tortuoso y en cierto sentido imprevisible desenvolvimiento, se muestra como el principal instrumento, por así decir el único de que disponemos, para delinear una concepción general del mundo que se presente unitaria aún en su complejidad y que no intente enmascarar las contradicciones que emergen de tal complejidad.

APENDICE

Las tareas de la filosofía de la ciencia hoy en Italia

1. Al final de la Segunda Guerra Mundial se inició en Italia un amplio movimiento cultural dirigido a "aggiornar" a los estudiosos del país acerca de cuanto se había hecho en las últimas décadas en el extrajero y que la ridícula autarquía fascista había tratado de mantener oculto. Una de las direcciones del pensamiento más importante que la cultura oficial fascista había tratado de cubrir con un manto de silencio fue precisamente la de los estudios de filosofía de la ciencia.

El hecho singular es que estos estudios habían sido cultivados con notable éxito en los primeros años del siglo —baste pensar en los nombres de G. Peano, F. Enriques y G. Vailati— pero luego la victoria del idealismo de B. Croce y de G. Gentile haría olvidar los resultados filosófico-científicos que ellos obtuvieran. Se prefirió discutir el problema del conocimiento sin ninguna referencia precisa al conocimiento científico y, por cuanto respecta a este último, sólo se repitió con pocas variantes la condena sumaria que pronunciara Giovanni Gentile en su conocidísimo volumen *Teoria Generale dello Spirito come Atto Puro* (Laterza, Bari, 1924): "La ciencia, oscilando entre el arte y la religión, no las unifica como la filosofía en una síntesis superior, sino más bien suma a la falta de objetividad y universalidad del arte la falta de subjetividad y racionalidad de la religión" (pág. 202).

Está claro que, en la nueva situación que se creó en Italia después de 1945, las argumentaciones del tipo de las de Gentile ya no podían contentar a nadie; éstas aparecían como palabrerías incapaces de soportar una confrontación seria con las investigaciones realizadas mientras tanto en el extranjero: primero en los países de lengua germana (hasta el advenimiento del nazismo) y luego sobre todo en los países anglosajones, de tradición principalmente empirista. La primera tarea de la renacida filosofía de la ciencia italiana fue por lo tanto trasladar el eje de las indagaciones sobre el problema del conocimiento de un planteo genérico y metafísico a otro radicalmente distinto, basado en análisis exactos y precisos del proceder efectivo de los conocimientos científicos.

2.Hablando del giro del pensamiento filosófico-científico italiano que se verificó al final de la Segunda Guerra Mundial, entiendo que serí-

a fruto de falsa modestia callar hipócritamente los méritos que tuvo en dicho movimiento el Centro di Metodologia di Torino a cuya constitución contribuí junto con matemáticos como P. Buzano y E. Frola, físicos como E. Persico, ingenieros como P. Nuvoli, filósofos como N. Abbagnano y N. Bobbio, cada uno de los cuales, aun eligiendo luego distintos caminos de trabajo, quedó sin duda signado por las discusiones mantenidas por aquellos años con los otros miembros del Centro.

A propósito de la actividad cultural desarrollada en tal Centro en los primeros años de su vida, debo confesar que ella reveló una grave carencia por no haber tomado en consideración la historia del pensamiento filosófico italiano. Así hoy sabemos que, para alcanzar una verdadera ruptura con el pensamiento de Croce y de Gentile, habríamos debido criticar también la interpretación que ellos sostuvieran de nuestro pasado; en particular, debimos rechazar su subestimación del período iluminista y más aún del positivista. Es verdad, en efecto, que el iluminismo del siglo XVIII y el positivismo del XIX pecaron de dogmatismo y de superficialidad (por ejemplo, exaltando la capacidad de la ciencia de hacernos conseguir, en el campo teórico, verdades absolutas y, en el campo práctico, un triunfo seguro de la civilización), pero a pesar de estos defectos no podemos olvidar las contribuciones de tales corrientes al rejuvenecimiento de nuestra sociedad y en particular al abandono de muchos prejuicios metafísicos.

Es bien comprensible que la cultura complaciente del fascismo haya tenido interés en denigrar los valores sostenidos por los iluministas y por los positivistas; pero es bastante menos comprensible, o justificable, que los partidarios de un renacimiento de la filosofía de la ciencia en Italia —como fueron precisamente los creadores del Centro di Metodologia di Torino o de iniciativas análogas surgidas en otras ciudades— no hayan sentido la necesidad de oponerse también en este tema al idealismo.

Desde este punto de vista es sintomático que ellos no hayan osado establecer algún preciso enlace con Peano, Enriques o Vailati quienes al comenzar el siglo habían hecho notables contribuciones —como ya recordamos— a la reflexión filosófica sobre la ciencia (contribuciones muy apreciadas en el extranjero, si bien silenciadas en Italia). Se podría decir que la polémica antipeaniana y antienriquesiana desencadenada en Italia por la escuela gentiliana hizo efecto pleno hasta en los nuevos adversarios de Gentile. Ocurrió así que éstos prefirieron respaldarse en autores extranjeros como B. A. Russell, J. Dewey, M. Schlick, R. Carnap, H. Reichenbach, etc., intencionalmente ignorados durante el ventenio fascista, antes que en los italianos combatidos por Gentile.

A decir verdad, todos o casi todos los autores extranjeros recién

mencionados habrían debido ser ya conocidos en Italia, pues justamente en el ventenio fascista habían publicado artículos muy significativos en la revista *Scientia* fundada en 1907 por un grupo de valientes estudiosos que se reunían en torno de Enriques. En todo caso, el programa iluminista y en cierto sentido positivista que promovía esa revista había terminado por marginarla de la cultura italiana privándola de toda influencia en el país.

Los motivos que contuvieron a los miembros del Centro di Metodologia di Torino de apoyarse en *Scientia* son análogos a los que los contuvieron de remitirse directamente a Peano, Enriques y Vailati. Aquí podemos agregar dos: 1) el deseo de negar toda relación con la cultura iluminista y positivista que combatió y desplazó la corriente gentiliana; 2) el deseo de excluir del propio programa a todo intento de divulgación científica (que en cambio en alguna medida estaba presente en el programa de los fundadores de *Scientia*).

Hoy por fortuna la situación ha cambiado totalmente: los actuales filósofos de la ciencia italianos han comprendido la importancia del hecho de que en el pasado ya haya habido en Italia quien se interesara, si bien en términos distintos de los actuales, por la ciencia, por su estructura, sus fundamentos, su función. Se trata de un descubrimiento capaz de revertir el cuadro que la escuela idealista había pretendido adjudicar a la tradición cultural italiana y que por desgracia había sido largamente aceptado sin ningún examen crítico. Podemos agregar que la tarea de revertir este cuadro que en las últimas décadas persiguen los estudiosos italianos de filosofía de la ciencia, se inserta en un movimiento más general (no sólo de historiografía filosófica) que pretende modificar radicalmente la valoración de un período de la historia italiana (cultural, política, económica) que durante el ventenio fascista se acostumbró mirar con desdén.

3. Por importante que sea la tarea que toca hoy a la filosofía de la ciencia italiana en el ámbito historiográfico, más importante aún es la tarea que le toca en el ámbito teorético. Antes de adentrarnos en el análisis de dicha tarea, conviene subrayar una vez más los motivos por los que los nuevos filósofos de la ciencia se empeñaron tanto en poner en evidencia lo que los diferenciaba y en un cierto sentido los oponía al positivismo del siglo pasado. La razón de este planteo reside en el hecho de que, aun apreciando mucho a la ciencia moderna y aun dándose cuenta de su papel fundamental en nuestra civilización, ellos (por ejemplo los miembros del Centro di Metodologia di Torino) rechazaban decididamente la idea de crear un mito como lo habían hecho los positivistas del siglo pasado, esto es, no querían atribuirle la capacidad de otorgarnos verdades

absolutas y de resolver todos los problemas prácticos de nuestra civilización. Mas esta posición crítica no los llevaba negar todo valor a la ciencia, como ocurrió con muchos secuaces de la escuela idealista de Croce y de Gentile, sino a proyectar un trabajo escrupuloso de rectificación de las teorías científicas, incluso de las más sólidamente estructuradas. Así entendida, la *pars destruens* (o sea la denuncia despiadada y particularizada de las imperfecciones de las distintas ciencias) resulta dialécticamente conectada con la *pars construens* (o sea el esfuerzo más tenaz por subsanar dichas imperfecciones).

Admitido esto, estamos ahora en condición de apuntar los principales temas de investigación que pueden ofrecer, al menos a nuestro parecer, un resumen bastante orientativo de las funciones específicas pertinentes a la filosofía de la ciencia hoy en Italia.

El primer lugar en este resumen corresponde sin duda a la tarea teórica de analizar los principios de las teorías científicas, sea de aquellas puramente formales como la matemática, sea de las llamadas empíricas, como la física, la química, la biología, la psicología, etc.

El segundo lugar corresponde a una tarea estrechamente ligada a la anterior: ¿cuáles con los métodos que nos pueden guiar al descubrimiento de los principios antedichos, cuáles los métodos para revelar sus consecuencias, y —si se trata de ciencias empíricas en el sentido antes aclarado— cuáles los métodos para verificar o falsificar tales consecuencias?

El tercer tema de investigación concierne a las relaciones entre las distintas ciencias: ¿son ellas estructuralmente distintas entre sí, o tienen alguna característica en común, o pueden ser unificadas sin más?

Un ulterior objeto de análisis de la actual filosofía de la ciencia está constituido por la relación entre la llamada ciencia pura y la llamada ciencia aplicada, o más genéricamente entre ciencia y técnica, problema que hoy se ha tornado particularmente complejo debido a los enormes progresos de la técnica y al carácter perverso de algunos de ellos, que a veces parecen generar un auténtico descrédito respecto del desarrollo mismo de la ciencia.

Hemos dejado para el quinto y último puesto a uno de los problemas más debatidos recientemente: ¿en qué consiste el desarrollo de la ciencia y, en particular, qué nos autoriza a calificarlo como progreso? En otros términos: ¿existe un criterio en base al cual decidir la superioridad de una teoría respecto de otra?

Ya hemos dicho que se trata tan sólo de un catálogo orientativo; mas incluso un análisis sumario de los cinco temas señalados nos da de algún modo una primera idea de la vastedad de las tareas hoy comúnmente atribuidas a la filosofía de la ciencia y de la maraña de competencias necesaria para su tratamiento.

4. El primero y segundo temas suelen considerarse de estricta competencia de la lógica, al menos en lo que respecta a las ciencias formales; y, en efecto, los estudios sobre los fundamentos de las varias ramas de la matemática constituyen uno de los capítulos centrales de la lógica moderna. Ni siquiera se puede imaginar una filosofía de la ciencia que prescinda de tales estudios, dado que la matemática ha sido siempre considerada, ya desde la antigüedad, la reina de las ciencias.

Como se sabe, el privilegio de que goza la matemática en el ámbito de las ciencias tiene su origen en el rigor que caracteriza a las teorías en que ella se articula (geometría, aritmética, álgebra, etc.); mas es un hecho que este rigor no ha sido siempre el mismo. Durante los últimos años del siglo pasado y los primeros del nuestro se ha llegado a sostener —y se lo hace aún hoy— que el nivel más elevado de rigorización de una teoría matemática está constituido por su axiomatización, o sea por la neta separación entre la estructura formal de la teoría y el contenido intuitivo de sus conceptos y teoremas.

La adopción del método axiomático en larga escala ha provocado también una profunda revolución en el segundo de los temas antes listados ya que ha puesto en crisis al nexo tradicional entre rigor y evidencia. Trataré de explicar en qué consiste esta crisis (que a mi juicio constituye uno de los problemas más profundos de la actual filosofía de la ciencia) refiriendo *in extenso* una página que le dediqué ya en 1960 (en *Filosofia e Filosofia della Scienza*): "(La demostración) había sido largamente concebida como un procedimiento cuya finalidad principal era volcar sobre los teoremas la evidencia de los postulados, lo que implicaba obviamente dos consecuencias: 1) el reconocimiento de la evidencia como fuente última de toda verdad; 2) el reconocimiento de que la indagación lógica pierde todo interés efectivo cuando no se obtiene la evidencia de las proposiciones derivadas. Ambas consecuencias debieron abandonarse totalmente en la nueva concepción... de aquí la inmediata consecuencia de que la aceptabilidad de un sistema de axiomas debe probarse no ya en referencia a la evidencia de tales axiomas, sino al edificio construido sobre ellos. Si este edificio da origen a alguna contradicción, será rechazado por inconsistente; si en cambio se revela no contradictorio, deberá ser aceptado con pleno derecho en la gran familia de las ciencias".

Quien tenga alguna familiaridad con la obra de D. Hilbert se dará cuenta de inmediato que precisamente aquí está la raíz del método que él adoptó para demostrar la aceptabilidad de los axiomas de la aritmética; pero quien haya estudiado a fondo la obra de Peano no tendrá dificultad en reconocer que las ideas recién resumidas se pueden encontrar ya en sus trabajos.

Hasta ahora nos hemos detenido únicamente en la matemática,

pero ahora es necesario agregar algo sobre las otras ciencias que, de Galileo en adelante, han recurrido a la matemática como su instrumento fundamental.

Se ha discutido mucho acerca de las motivaciones de este recurso sistemático a la matemática. Sin entrar aquí en este complejo problema, bastará observar que una de las motivaciones principales responde sin duda al rigor que el recurso a la matemática provee al tratamiento de las ciencias empíricas. Es natural entonces que el crecido rigor de las teorías matemáticas haya tenido también vastas repercusiones en las teorías empíricas que recurrían a ellas.

Esto se debió en particular al nuevo rigor que el método axiomático proveyó a las teorías matemáticas. Y de allí los notables esfuerzos por aplicar este método también a las ciencias empíricas: esfuerzos que han producido buenos resultados sobre todo cuando se trataba de teorías referidas a cuestiones extremadamente sutiles como algunos problemas de la mecánica cuántica, pero que en otros casos han sido demasiado costosos respecto de los resultados que permitieron obtener. Por cuanto respecta a los métodos que nos pueden conducir a descubrir los principios de las teorías físicas, valen obviamente las mismas críticas ya formuladas a propósito de las teorías matemáticas. Pero aquí la filosofía de la ciencia no solamente debió combatir el presunto recurso a la evidencia, sino también el recurso al método inductivo que en el siglo pasado era considerado la base de todas las ciencias empíricas.

Las críticas dirigidas a este método intentaron demostrar, inspirándose en el famoso análisis del principio de causalidad que Hume realizó en el siglo XVIII, que es imposible obtener cualquier proposición universalmente válida de la simple observación de los hechos empíricos, por escrupulosa que ésta sea. Se llegó a la conclusión de que los principios de las ciencias empíricas tienen, en última instancia, un carácter puramente convencional como los postulados de las teorías matemáticas. Mas se trata de una conclusión no fácilmente aceptable, tanto más si se tienen presentes las numerosas aplicaciones técnicas de las teorías científicas.

En todo caso es un problema aún no resuelto, que inviste cuestiones de fondo filosóficas y científicas. Su tratamiento crítico constituye una de las tareas más difíciles de la actual filosofía de la ciencia.

5. No menos importantes son la tercera y cuarta tareas de la lista que referimos en el parágrafo 3, concernientes a las relaciones entre las distintas ciencias así como entre la llamada ciencia pura y la técnica.

Es muy sabido que en todas las épocas la humanidad abordó el problema de unificar las diferentes ramas del saber. En efecto, muchos pensadores sostuvieron abiertamente que "conocer es unificar", o sea que

no hay conocimiento donde no hay unidad. Recuérdense las palabras de Gentile sobre la unificación de arte y religión, citadas al principio del presente apéndice.

Pero es un hecho que la ciencia moderna se ha articulado en distintas ramas separadas la una de la otra. De aquí el problema de analizar críticamente los fundamentos de esta separación, para decidir si en principio ella no es superable y, si lo es, con qué medios.

Como parece claro, se trata de un problema eminentemente filosófico, así que no podemos sorprendernos si todavía hoy representa una de las tareas específicas de la filosofía de la ciencia.

Hasta tiempos no muy remotos se sostuvo que éste se podía resolver sobre la base de aquella corriente filosófico-científica normalmente llamada mecanicismo (cuyo origen se remonta al siglo XVII). Dejando de lado el aspecto metafísico, podemos resumir así lo más significativo de su trama: la mecánica racional (donde con este término entendemos a la clásica) es la ciencia por excelencia, construida matemáticamente sobre axiomas evidentes, de tal modo que las disciplinas que se pueden reconducir a ella son, también, auténticas ciencias; las que no se pueden reconducir a ella, no lo son. El programa de unificación del saber se tradujo así a este otro: reconducir las varias ciencias a la mecánica.

Pero este programa encontró graves dificultades hasta en la misma física. Baste pensar en la dificultad de reconducir la termodinámica a la mecánica, dado que los fenómenos teorizados por la segunda son reversibles mientras los más característicos fenómenos de la primera son irreversibles. El problema lo resolvió L. Boltzmann en base a consideraciones estadísticas, que suelen presentarse como estrictamente científicas mientras en rigor son filosófico-científicas. En efecto, ya la operación de reconducir una ciencia (secundaria) a otra (primaria) levanta sutiles interrogantes de carácter filosófico: ¿quién nos asegura que en tal operación no se pierden algunos caracteres de la ciencia secundaria? ¿Quién nos asegura por ejemplo que la temperatura tal como resulta definida dentro de la teoría de Boltzmann sea la misma que la que miden los termómetros?

La respuesta usual es que la una resulta ser un modelo de la otra, mas precisamente el análisis del concepto de modelo nos lleva directamente al ámbito de los problemas de la filosofía de la ciencia. Si es ya muy difícil reconducir la termodinámica a la mecánica, aún más difícil es reconducir a la mecánica (o más en general a la fisicoquímica) la biología. Es conocido que sobre este problema los biólogos se subdividieron durante mucho tiempo en dos escuelas antitéticas: mecanicistas y vitalistas. Y tan sólo los progresos realizados por los modernos estudios biológicos han hecho perder actualidad a los debates entre ambas corrientes.

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. R.

Es digno de citar el aporte de R. Carnap a estos debates con su tesis según la cual el problema de la unidad de la ciencia debe pasar del plano de las leyes al plano del lenguaje. He aquí lo que escribió a propósito en el primer volumen de la famosa *Enciclopedia de Chicago* (1938): "una ley biológica contiene tan sólo términos que son reducibles a términos físicos. Existe por lo tanto un lenguaje común al que pertenecen tanto las leyes biológicas como las físicas... En el estado actual del desarrollo de la ciencia, ciertamente no es posible derivar las leyes biológicas de las físicas... Parece que tal cuestión es el nudo científico del problema del vitalismo... Por otra parte hay una *unidad de lenguaje* en las ciencias, o sea una base común de reducción para los términos de todas las ramas de la ciencia... Esta unidad de términos es menos potente y eficaz que cuanto sería la unidad de las leyes, mas es condición necesaria preliminar para la unidad de las leyes". Los progresos más recientes de la biología han hecho perder a la tesis de Carnap una parte de su actualidad, mas no han eliminado su importancia. Esta reside en haber inaugurado una nueva perspectiva para la filosofía de la ciencia: perspectiva constituida por la dimensión lingüística. Y, en efecto, hoy una filosofía de la ciencia que se precie de seria no puede dejar de lado una estrecha conexión con la filosofía del lenguaje, al menos para el tratamiento de algunos problemas particularmente delicados. Así sucede que los estudios de lógica, de filosofía del lenguaje y de filosofía de la ciencia terminan por constituir un único campo de estudio, revelándose igualmente esenciales para profundizar el problema del conocimiento.

El tema de las relaciones entre ciencia pura y técnica nos lleva también a examinar la relación entre distintos lenguajes. Así, el lenguaje de la ciencia pura es, o tiende a ser, un lenguaje extremadamente riguroso, como hemos visto al hablar de la axiomatización de las teorías, las que una vez axiomatizadas no pueden ya usar ningún término en sentido intuitivo, sino sólo en el preciso significado fijado por los axiomas. Por el contrario, la técnica usa un lenguaje en el que confluyen consideraciones provenientes de disciplinas diversas, encontradas unas con otras. Surge por lo tanto el problema: cuando los resultados de una ciencia pura se introducen en la técnica, ¿qué mutaciones sufren? Y, si sufren ciertas mutaciones radicales, ¿por qué entonces continúan siendo útiles, incluso indispensables?

Se trata de interrogantes que por un lado nos llevan a examinar los nexos entre los lenguajes "cerrados" de las teorías científicas y el lenguaje "abierto" de la vida cotidiana, y por otro lado nos llevan a examinar, en general, los nexos entre la esfera del conocimiento a que pertenecen las teorías científicas y la de la práctica en que obran las investigaciones científicas.

Una de las tareas más delicadas de la filosofía de la ciencia es justamente analizar estos nexos, determinando no sólo la influencia de la ciencia pura sobre la técnica, sino también la influencia inversa de la técnica sobre la ciencia. Es una tarea que parece tal vez esquivar a los especialistas occidentales de filosofía de la ciencia, pero que en cambio los secuaces de algunas corrientes filosóficas de mucho peso como por ejemplo el marxismo consideran de gran importancia.

Este nudo de problemas se presenta pues particularmente intrincado por el hecho de que en el análisis de la técnica intervienen muchos factores heterogéneos, como los políticos, económicos, éticos. Es cierto, de todos modos, que un estudio paralelo de la ciencia pura y de la técnica parece ofrecernos la vía más segura para evitar ciertas confusiones muy dañinas para la comprensión de la naturaleza de la ciencia: primera de todas, la confusión (a veces dictada por exigencias éticas dignas del mayor respeto) que tiende a acusar a la ciencia de ser la "causa primera" de todos los males de nuestra sociedad.

6. Son muy conocidas las siguientes palabras de I. Lakatos: "la filosofía de la ciencia está vacía sin la historia de la ciencia". Ellas denuncian un peligro real; si los sutiles análisis de los filósofos de la ciencia están al margen de la historia son válidos más para una imagen abstracta de la ciencia que para la ciencia efectiva.

Hay además otro motivo que nos persuade de la importancia de la historia de la ciencia: como hemos visto en páginas precedentes los actuales filósofos de la ciencia han debido abandonar el mito de que la ciencia está en condiciones de hacernos descubrir verdades absolutas; pero, entonces, ¿hacia dónde nos lleva? ¿Qué valor tienen los resultados de las investigaciones científicas? Si renunciamos a buscar en la metafísica una respuesta apriorística a estos interrogantes, deberemos necesariamente dirigirnos a la historia para examinar lo que los científicos han hecho en concreto cuando indagaban los procesos naturales y resolvían algunos problemas relativos a ellos.

Sin duda, apenas uno reflexiona con espíritu crítico acerca del concepto mismo de la historia de la ciencia, se encuentra frente a cuestiones extremadamente intrincadas.

Si la historia de la ciencia ha de ser solamente la historia de los científicos, de sus errores, de sus esfuerzos por liberarse de ellos, etc., el concepto de historia de la ciencia no presenta dificultad alguna: es la historia de hombres más o menos geniales, de instituciones más o menos eficientes, de instrumentos más o menos idóneos para hacernos cumplir ciertas observaciones. Mas si ella ha de ser historia de teorías, de hipótesis, de demostraciones, entonces surgen de inmediato las más graves di-

ficultades: ¿cómo se puede hablar de historia de una teoría, por ejemplo de evolución de sus principios? O estos principios permanecen inmutables, y entonces la teoría bien puede conseguir nuevos resultados sin transformarse; o tal vez ellos mutan, pero entonces nos encontramos frente a otra teoría, a una teoría nueva que no tiene nada que ver con la vieja, o sea que trata de otros objetos (definidos implícitamente por otros axiomas) si bien indicados siempre con los viejos nombres.

Ha sido en particular la axiomatización de las teorías la que nos puso frente a estas dificultades, en cuanto ha puesto a la vista las inescindibles relaciones entre los conceptos y sus reglas de uso (los axiomas), de tal manera que resulta muy arduo afirmar que una nueva teoría está en condición de resolver los problemas que dejaron abiertos las teorías precedentes. Y sin embargo la historia nos enseña que esto ha sucedido cada vez más en la realidad, y precisamente con respecto a las ciencias más rigurosas.

Sin duda, era más fácil explicar el desarrollo (el progreso) de las ciencias cuando se sostenía que ellas eran capaces de obtener verdades absolutas. Entonces se podía dar una interpretación acumulativa, según la cual tal progreso consistía en el agregado de nuevas verdades a las que ya se poseían. Pero este modelo de crecimiento por acumulación no es conciliable con lo que encontramos en las revoluciones científicas, y por lo tanto debe ser sustituido por otro modelo. Precisamente la búsqueda de este nuevo modelo constituye una de las tareas más apasionantes de la actual filosofía de la ciencia, tarea que ha suscitado muchas discusiones en el extranjero y también en Italia.

Personalmente he adelantado la hipótesis de que, para poder hablar de progreso, es necesario referirnos no a las diferentes teorías científicas sino a la globalidad de la ciencia y de la técnica (estrechamente ligadas entre sí como ya se ha subrayado al final del parágrafo precedente). Por lo tanto he apelado a una noción ya adelantada por Pierre Duhem a principios de siglo: la he indicado con el nombre de "patrimonio científico-técnico" mientras él hablaba de "capital". Duhem sostenía que este capital se transforma y se enriquece de siglo en siglo; yo agrego que precisamente tal enriquecimiento es lo que nos permite hablar de progreso de la ciencia a pesar de las mutaciones radicales de las teorías, a pesar de las derrotas de algunas de ellas. a pesar de los errores no rara vez cometidos aun por los máximos científicos.

7. Antes de cerrar este apéndice, deseo retomar algunas declaraciones de Giovanni Gentile expuestas en el volumen que ya he citado en el primer parágrafo. He aquí sus palabras, sobre las que considero útil reflexionar: "la ciencia en todo campo se ha alzado, como una forma de filosofía, contra la filosofía que... ha tratado de traducirse en concepto universal del mundo en su idealidad metafísica. Y así los científicos, por el espíritu mismo de la ciencia, que no es ni quiere ser filosofía, han tomado partido en todo tiempo por una filosofía: por la forma más ingenua y más débil de ella".

Ahora bien, considero que no se puede discrepar con Gentile cuando él afirma que la ciencia siempre se ha alzado contra *esa* forma de filosofía que "ha tratado de traducirse en concepto universal del mundo en su idealidad metafísica", o sea que se ha alzado siempre contra la metafísica idealista, si bien no siempre ha logrado desligarse completamente de ella. En cambio, disentimos radicalmente con Gentile cuando afirma que, por haberse desligado de la metafísica, la ciencia habría "tomado partido en todo tiempo por la forma más ingenua y más débil de filosofía".

Sin duda, como hemos visto en todos los parágrafos precedentes, las reflexiones procuradas por la ciencia, si bien son de naturaleza filosófica y a menudo involucran cuestiones filosóficas generales, como el problema del valor atribuible a la evidencia o el de la relación teoría-praxis, y así sucesivamente, son filosóficas en un sentido distinto al que Gentile atribuyó a tal término. Y éste es precisamente el punto que está en discusión: si la filosofía debe hoy conservar el sentido que le atribuía la escuela idealista gentiliana.

Unos años atrás se encendió también en Italia una vivacísima discusión sobre el problema de las dos culturas, afrontado por C. P. Snow en un pequeño volumen que llevaba justamente tal título. En esencia el debate versaba sobre el significado a atribuirse a la filosofía porque ella constituía cabalmente el eje de la cultura humanística, mientras —al parecer de los sostenedores de la total separación entre cultura humanística y cultura científica— no tenía cabida en modo alguno en el ámbito de la cultura científica (sea por la diversidad de los objetos tratados, sea por la diversidad del método seguido en su tratamiento).

Y bien, a esta altura es claro que la concepción gentiliana de la filosofía y de la ciencia constituye el soporte natural de tal modo ("separatista") de ver. Mas el pensamiento moderno parece ya encaminado por otro rumbo. La exclusión de la ciencia fuera de la cultura parece ya constituir un sacrificio demasiado pesado para la cultura.

Si no estamos dispuestos a aceptar un sacrificio tan grande, deberemos entonces hacer nuestra una concepción diferente de la filosofía. No se tratará de establecer una alianza más o menos duradera entre filosofía y ciencia, sino de buscar a la filosofía en los mismos pliegues de la ciencia.

Hoy sabemos que esta búsqueda se cuenta entre las tareas centrales

de la filosofía de la ciencia, tarea que requiere la estrecha colaboración de filósofos, científicos, lógicos, historiadores de la ciencia. Obviamente no se trata de una tarea fácil, mas es una tarea que debe afrontarse de todas maneras si queremos recuperar una cultura unitaria; y todo nos sugiere que debe afrontarse sobre la base de un estudio actualizado y profundo de cada uno de los problemas de filosofía de la ciencia antes enumerados.[1]

[1] Este apéndice retoma ideas y reflexiones ya desarrolladas en un discurso (del mismo título) que tuvo lugar en diciembre de 1983 en San Gimigniano, Italia, en ocasión de la apertura del Congresso Nazionale di Logica e Filosofia della Scienza.

FABIO MINAZZI

Filosofía de la ciencia: Bibliografía comentada

Premisa

La presente bibliografía carece de toda pretensión de completud sistemática sea porque tal obra, habida cuenta de la enorme masa de publicaciones dedicadas a la filosofía de la ciencia o a la epistemología, requeriría, de conducirse con criterios razonablemente amplios, un volumen aparte, sea porque, evaluado el carácter introductorio del escrito en el que se la inserta, se ha preferido optar por una bibliografía eminentemente "práctica", es decir, utilizable como primer instrumento de trabajo para adentrarse de un modo suficientemente orientado en el debate epistemológico contemporáneo. Una bibliografía "seleccionada" y bastante restringida que tenga constantemente presente su carácter propedéutico y además dé la oportunidad de señalar textos fácilmente hallables comporta drásticas limitaciones y algunas arbitrariedades inevitables. En consecuencia la falta de indicación de algunas obras y de algunos estudios no implica en absoluto un juicio de escasa relevancia o de insuficiencia. Téngase presente —además— que muchas obras aquí señaladas contienen a su vez repertorios bibliográficos amplios y especializados a los que puede referirse directamente quien desee profundizar sus conocimientos en un sector específico o en un determinado ámbito disciplinario.

La presente contribución se articula en las siguientes secciones: preceden indicaciones dedicadas a señalar algunos instrumentos fundamentales y algunos estudios generales (incluyendo también los manuales y las compilaciones de escritos particularmente significativos) a las que sigue una bibliografía temática referida a los temas abordados y discutidos en cada capítulo del volumen, integrada por la indicación de las principales revistas y de las más importantes colecciones dedicadas a la filosofía de la ciencia además de las obras de Ludovico Geymonat y de los repertorios bibliográficos especializados dedicados a la epistemología. Todas estas informaciones se dan indicando siempre, cuando es posible, la existencia de traducciones italianas y cuidando de tener en cuenta las con-

tribuciones de las diversas tradiciones epistemológicas. Para el capítulo I, que posee un simple carácter introductorio, y para el capítulo XII, de un puro planteo teorético, no se provee ninguna bibliografía. En general no se ha dado indicaciones bibliográficas relativas a los autores "clásicos" (filosóficos y/o científicos) puesto que se ha tomado en consideración ante todo la producción epistemológica desde el siglo pasado hasta hoy (las únicas excepciones a esta norma se deben a la particular estructura de algún capítulo). En la bibliografía las diversas referencias a una misma problemática o a una misma tradición de pensamiento (que a veces en los capítulos de Geymonat son requeridas o señaladas en distintos párrafos) se presentan siempre en forma unitaria. Así, por ejemplo, las bibliografías de los capítulos X y XI se han unificado teniendo presente la estrecha afinidad teorética existente entre los distintos problemas enfrentados y entre las varias soluciones propuestas; análogamente, para la profundización de tales citas contenidas en algunos párrafos se remite directamente a la bibliografía de un solo capítulo. Para los textos señalados en traducción italiana se ha tomado siempre el recaudo de indicar el título original, colocando entre corchetes el año de publicación de la primera edición original.

Estudios generales

Estudios de carácter histórico, enciclopedias y diccionarios

Como ha observado Einstein epistemología y ciencia "dependen la una de la otra. La epistemología sin contacto con la ciencia se convierte en un esquema vacío. La ciencia sin epistemología —si acaso se la puede concebir— es primitiva e informe". Si a esta observación se agrega que la epistemología puede también considerarse como aquella parte de la filosofía que indaga los caracteres distintivos de la *epistèmē* frente a la *dòxa* se puede comprender fácilmente cómo una bibliografía dedicada a la epistemología o a la filosofía de la ciencia debe, por necesidad, ampliarse tanto en la dirección de la ciencia (y de su historia) como hacia la de la filosofía (y de su historia). Una primera obra que introduce de modo articulado y riguroso a las complejas problemáticas nacidas de la interrelación entre la historia del pensamiento filosófico y la del pensamiento científico estudiadas en relación con la historia económica y social, es la

fundamental de Ludovico Geymonat, *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico*, Garzanti, Milán, 1ª ed. 1970-76 en 7 vol. (reimpresa en 9 vol., ídem, 1977) la que es útil también como buena introducción a las diversas tradiciones de pensamiento además de contener muchas y amplias bibliografías. Una obra de notable interés teorético que considera sobre todo el problema del conocimiento en la historia de la filosofía moderna a la luz de la tradición kantiana es el óptimo Emst Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der Neueren Zeit* (1906-20 y 1950). Para la historia del neopositivismo del presente siglo es fundamental la obra de Francesco Barone, *Il Neopositivismo Logico*, Laterza, Bari, 2ª ed. revisada, ampliada y actualizada, 1977, 2 vol., que ofrece un cuadro completo y detallado de las diferentes corrientes y de las diferentes escuelas del empirismo lógico acompañado de ricas notas bibliográficas.

Entre las obras generales sobre la ciencia y la técnica la más autorizada (de nivel técnico más bien elevado) es la *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Est Mondadori, Milán, 1980, 15 vol. a la que se agregan numerosos anuarios *Scienza y Tecnica* (seguidos por la indicación del año a que se refieren) aparecidos desde 1968 (cuya primera serie se interrumpió en 1979 para luego reanudarse en 1982). Otras enciclopedias para tener presentes en el campo técnico-científico: *Ulisse. Enciclopedia della Ricerca e della Scoperta*, Editori Riuniti, Roma, 1967-70, 10 vol. temáticos; *Nuova Galileo. Enciclopedia delle Scienze e delle Tecniche*, UTET, Turín, 1969-71, 13 vol. y la *Enciclopedia delle Scienze*, Editori Riuniti, Roma 1976, 4 vol.

En el campo filosófico es de tener presente la obra de orientación católica *Enciclopedia Filosofica*, reimpresión actualizada de la 2ª ed. íntegramente reelaborada, Lucarini, Roma, 1982, 8 vol. (que presenta también contribuciones bibliográficas sobre cada autor considerado y sobre las diversas corrientes) a la que se puede agregar *The Encyclopedia of Philosophy*, Macmillan, Londres-Nueva York, 1967, 8 vol. (que dedica una atención particular a las temáticas de la tradición filosófica anglosajona y por lo tanto también a la lógica, a la epistemología, etc.).

Entre los diccionarios de filosofía se señala ante todo (por lo completo y por su rigor sistemático) el de Nicola Abbagnano (*Dizionario di Filosofia*, UTET, Turín, 2ª ed. corregida y aumentada, 1971) en la cual

se reconstruyen los conceptos y los problemas con amplias referencias históricas; el de Dagobert D. Runes, *The Dictionary of Philosophy* (2ª ed., 1942), de orientación "neopositivista" muy accesible; el clásico, si bien ya algo anticuado, *Vocabulaire Technique et Critique de la Filosofie*, 1926, de André Lalande, y el volumen *Philosophie*, de *Das Fischer Lexikon*. Un amplio y actualizado panorama de *Filosofia della Scienza* por Evandro Agazzi en la obra de varios autores *Questioni di Storiografia Filosofica. Il Pensiero Contemporaneo*, compilado por Adriano Bausola, Editrice La Scuola, Brescia, 6 vol., vol. VI, tomo III, 1ª ed., 1968, págs. 473-633.

Para la historia de la ciencia se destaca la reciente *Storia delle Scienze* dirigida por Evandro Agazzi, Città Nuova Editrice, Roma, 1984, 2 vol., que valiéndose de más colaboradores reconstruye la historia de cada ciencia mostrando una particular atención a las diversas relaciones que cada disciplina ha tenido con las más diversas tradiciones de pensamiento y las diferentes situaciones históricas y políticas. Importante, si bien de orientación más tradicional, es la *Storia delle Scienze* a cargo de Nicola Abbagnano, UTET, Turín, 1965, 3 vol. en 4 tomos que comprende la historia de la astronomía (de Giorgio Abetti), de la geografía (de Roberto Almagia), de la matemática (de L. Geymonat), de la física (de Mario Gliozzi), de la química (de Michele Giua), de la biología y de la medicina (de Guiseppe Montalenti), de la psicología (de Angiola Massucco Costa) y de la sociología (de Franco Ferrarotti). Carácter más ágil tienen los volúmenes de Charles Singer, *A Short History of Scientific Ideas to 1900*, 1959, en de Guilio Preti, *Storia del Pensiero Scientifico*, Mondadori, Milán, 1975 (1ª ed. 1957) y el óptimo Stephen F. Mason, *A History of the Sciences*, 1956; los volúmenes *Scienza e Tecnica dalle Origini al Novecento*, Est Mondadori, Milán, 1977, 2 vol. y *Scienza e Tecnica del Novecento*, Est Mondadori, Milán, 1977, 2 vol., presentan cuadros sintéticos de las varias disciplinas científicas de los orígenes al presente. Para la historia de la ciencia y de la técnica en Italia es fundamental el volumen de varios autores *Scienza e Tecnica nella Cultura e nella Società dal Rinascimento ad Oggi*, a cargo de Gianni Micheli, Einaudi, Turín, 1980 (aparecido como tercer *Annale de la Storia d'Italia*) rico en indicaciones bibliográficas.

Para la historia de la tecnología se debe consultar la monumental obra de Charles Singer, E. J. Holmyard, A. Rupert Hall, Trevor Williams, *A History of Technology*, 1954-58. Para la historia de cada disciplina científica (matemática, lógica, física, etc.) véanse las indicaciones dadas en la bibliografía temática de cada capítulo.

Manuales y escritos sistemáticos de filosofía de la ciencia

Entre los manuales introductorios a la filosofía de la ciencia uno de los más accesibles, aun para quien no tenga una preparación específica, que se puede recordar es Stephen Toulmin, *The Philosophy of Science*, 1953, que explica el efectivo proceder de los científicos; D. W. Theobald, *An Introduction to the Philosophy of Science*, 1967; John G. Kemeney, *A Philosopher Looks at Science*, 1959; Bruno Widmar, *Introduzione alla Filosofia della Scienza*, Leonardi Editore, Bolonia, 1970 (obra introductoria de un historiador de la filosofía); Alain F. Chalmers, *What is this Thing Called Science?*, 1976 (texto muy simple y completo en el examen de las corrientes epistemológicas); John Loose, *An Historical Introduction to the Philosophy of Science*, 1972, que ofrece un panorama sintético de las distintas interpretaciones de los problemas de fondo surgidos en la historia de la ciencia de Aristóteles a hoy; Karel Lambert y Garden G. Brittain jr., *An Introduction to the Philosophy of Science*, 1979, en el que los autores, discutiendo con precisión el problema de la comprobación, de la naturaleza de las teorías y de los límites de la explicación científica, presentan las posiciones neopositivistas y las dificultades que de ellas surgen proveyendo amplias referencias bibliográficas.

Poseen en cambio un carácter más comprometido, teórico y sistemático los siguientes textos: Hans Reichenbach, *Experience and Prediction*, University of Chicago Press, Chicago, 1938 (un profundo análisis de los fundamentos y de la estructura del conocimiento según la tesis del empirismo lógico) y *The Rise of Scientific Philosophy*, 1951, (volumen que introduce a los principales problemas filosóficos del neopositivismo con la intención de ilustrar el paso de la investigación filosófica de la especulación a la ciencia); Richard von Mises, *Kleines Lehrbuch des Positivismus*, 1939 (manual propedéutico de la técnica metodológica y de la ciencia según las enseñanzas del Círculo de Viena); Richard Bevon Braithwaite, *Scientific Explanation*, 1953 (obra que se señala por el interés de las cuestiones afrontadas y por los numerosos relieves analíticos presentes dentro de un tratamiento que se propone examinar los linea-

mientos lógicos comunes a todas las ciencias); Philip Frank, *Modern Science and Its Philosophy*, 1961 (las tesis filosóficas del neopositivismo relacionadas con los cambios de rumbo que la ciencia experimentó en los primeros años de este siglo); Arthur Pap, *An Introduction to the Philosophy of Science*, 1962 (óptimo panorama general y sistemático de los más importantes problemas que afronta la filosofía de la ciencia); Ernst Nagel, *The Structure of Science*, 1961 (es uno de los manuales más ricos en información, rigor y sistematicidad de filosofía de la ciencia que analiza los problemas de la explicación en las ciencias físicas, biológicas, sociales e históricas, además del status epistémico de las leyes, de las teorías de la causalidad, del espacio y de la estructura axiomática); Israel Scheffler, *The Anatomy of Inquiry*, 1963 (analizando la noción de "explicación", de "significación" y el problema de la verificación el estudio se muestra como un óptimo volumen sobre la historia de la ciencia); Alberto Pasquinelli, *Nuovi Principi di Epistemologia*, Feltrinelli, Milán, 1974 (1ª ed., 1964) (volumen que sobre la base de un empirismo liberalizado reanaliza con un corte original los problemas del lenguaje científico y de la estructura sistemática de la ciencia poniéndolos en relación con los aspectos hipotéticos y racionales del conocimiento de tal modo que la epistemología aparece como una "reflexión crítico-filosófica" que afronta el problema de la validez y de la justificación de los conocimientos científicos); Harold I. Brown, *Perception, Theory and Commitment. The New Philosophy of Science*, 1977 (tras reexponer las diversas fases y las varias formas atravesadas por el empirismo lógico desde las formulaciones vienesas hasta las tesis popperianas, Brown delinea una nueva imagen de la ciencia proponiendo una epistemología según la cual el único aspecto permanente de la ciencia es la investigación cuya estructura es de tipo "dialéctico" —en sentido no hegeliano— basada en un intercambio incesante entre teoría y observación).

Aparte de estos textos se puede recordar la excelente introducción a la problemática de la filosofía de la física que es el amplio estudio de Rudolf Carnap, *Philosophical Foundation of Physics*, 1966, además del fundamental Carl G. Hempel, *Foundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, 1952 y *The Theoretician's Dilemma*, 1958. Acerca de las relaciones entre filosofía y filosofía de la ciencia es para tener en cuenta el estudio de L. Geymonat, *Filosofia e Filosofia della Scienza*, Feltrinelli, Milán, 1975 (1ª ed. 1960) que constituye una introducción teorética a algunos problemas de fondo del saber filosófico-científico. Otros textos (no manuales) a tener presentes dentro de una panorámica introductoria de la epistemología contemporánea son los escritos de Gaston Bachelard, de los que nos limitamos a señalar *Le Nouvel Esprit Scientifique*, 1934; *Epistemologie. Textes Choisis*, 1971, compilado por Dominique Lecourt, y la amplia antología italiana de textos bachelardianos cuidada por Guiseppe Sertoli: *La Ragione Scientifica*, Bertani, Verona, 1974. Otros estudios, de diferente planteo, son el de Alberto Gianquinto, *Critica dell'Epistemologia*, Marsilio, Padua, 1980 (1ª ed. 1971) (conduce a una reflexión sobre la filosofía de la ciencia a la luz del materialismo histórico desarrollando un análisis de la subjetividad estructural y genética), el ya anticuado Edoardo May, *Kleiner Grundriss der Naturphilosophie*, 1950 (analiza el problema del conocimiento científico desde un punto de vista análogo al de Nicolai Hartmann). Se señalan finalmente las colecciones de escritos de H. Reichenbach, *Modern Philosophy of Science*, 1959 (antología de escritos que cubren el arco de toda la vida de Reichenbach delineando problemas que van de la estructura del pensamiento científico al del discurso moral) y el "manifiesto" del Círculo de Viena: Hans Hahn, Otto Neurath, Rudolph Carnap, *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis*, 1929.

Recopilaciones de artículos y estudios misceláneos

Algunas importantes (y a veces bastante significativas) recopilaciones de escritos de varios autores han sido llevadas a cabo y cuidadas por Paul A. Schilpp en la colección "The Library of Living Philosophers"; entre éstas nos limitamos a nombrar el volumen dedicado a *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, 1949, y el dedicado a *The Philosophy of Rudolf Carnap*, que ofrecen elementos notables para una reconsideración crítica de los debates epistemológicos del corriente siglo. Algunos estudios de considerable nivel y de gran interés están publicados en la prestigiosa colección dirigida por E. Cohen "Boston Studies in the Philosophy of Science" del compilador D. Reidel de Dordrecht entre los cuales señalamos uno a cargo de María Luisa Dalla Chiara, *Italian Studies in the Philosophy of Science*, 1980, que hace una antología de las contribuciones de varios epistemólogos e historiadores italianos de la ciencia. Otro volumen que recoge diversos ensayos que han estado en el centro del debate epistemológico de los últimos años es la obra compilada por Imre Lakatos y Alan Musgrave, *Criticism and the Growth of Knowledge*, 1970-74, al que se puede agregar el volumen de varios autores cuidado por Colin Howson, *Method and Appraisal in the Physical Sciences*, 1976, y el compilado por Ivan Hacking dedicado a las *Scientific Revolutions*, 1981. Para valorar el papel y el peso de la cultura científica en el mundo contemporáneo es importante la obra publicada por

"Scientia" en colaboración con la Unesco *Scientific Culture in the Contemporary World*, 1979, y además, en italiano, el volumen *La Nuova Ragione*, a cargo de Paolo Rossi, Scientia-Il Mulino, Milán-Boloña, 1981. En relación con el debate en Italia es útil remitirse a la ágil antología cuidada por Giulio Giorello, *L'Immagine della Scienza*, Il Saggiatore, Milán, 1977, que reúne ensayos de varios autores italianos acerca del significado de la empresa científica en la cultura italiana, junto con el volumen de varios autores, *Il Problema delle Scienze nella Realta Contemporanea*, compilado por Michele Massafra y Fabio Minazzi, Angeli, Milán, 1985 que reúne las actas de los elementos de los seminarios de Varese en los que científicos, historiadores de las ideas, filósofos, historiadores de la ciencia e historiadores de la filosofía han afrontado críticamente (a menudo en agitadas discusiones) muchos temas de fondo de la epistemología contemporánea. Util es también la antología cuidada por Umberto Curi titulada *La Razionalità Scientifica*, Francisi Editore, Padua, 1978, que encara también ella el tema de la racionalidad científica dentro de un análisis no exclusivamente epistemológico. Un interés particular para el debate italiano revisten las publicaciones del Centro di Studi Metodologici di Torino de las que nos limitamos a señalar los volúmenes de varios autores *Fondamenti Logici della Scienza*, De Silva, Turín, 1947 y *Saggi di Critica delle Scienze*, 1950. Acerca del ambiente cultural francés véase la antología a cargo de Pietro Redondi. *La Veritá degli Eretici*, Il Saggiatore, Milán, 1978, que comprende escritos de A. Koyré, P. Duhem, G. Bachelard M. Foucault. Para los contextos culturales distintos de los occidentales deben tenerse en cuenta la obra de Anna Guagnini, *Scienza e Filosofia nella Cina Contemporanea. Il Dibattito Teorico negli Anni 1960-66*. Feltrinelli, Milán, 1981 que además de un amplio estudio de la autora (págs. 1-149) presenta una interesante antología de textos chinos (págs. 153-254) y la de Silvano Tagliagambe, *Scienza, Filosofia, Politica in Unione Sovietica (1924-39)*, Feltrinelli, Milán, 1978, que a la interpretación del autor (págs. 15-255) agrega también una amplia antología de textos (págs. 257-517).

Bibliografía temática relativa a cada capítulo

Capítulo II: Recientes problemas de filosofía de la matemática. Filosofía e historia de la matemática

Algunos volúmenes introductorios al estudio de la matemática de lectura fácil son: Friedrich Waismann, *Einführung in das Mathematische Denken*, 1936 que introduce de modo preciso a algunas cuestiones fundamentales de filosofía de la matemática; Herbert Meschkowski, *Wandlungen des Mathematischen Denkens*, 2ª ed., 1960, estudio de las transformaciones del pensamiento matemático a través de los siglos; Stephen F. Barker, *Philosophy of Mathematics*, 1964, atento a los nexos entre la filosofía de la matemática y la temática gnoseológica; Alfred North Whitehead, *An Introduction to Mathematics*, 1911; una introducción (elemental) a las técnicas matemáticas la ofrece Richard Courant y Herbert Robins, *What's Mathematics?*, 1941.

Para el estudio de la historia del pensamiento matemático a un nivel más comprometido, además del clásico Gino Loria, *Storia delle Matematiche dell'Alba della Civilita al Tramonto del Secolo XIX*, Hoepli, Milán, 1ª ed., 1950 (reimpresión de Hoepli, 1982) y la contribución de L. Geymonat en la ya citada *Storia delle Scienze* cuidada por Abbagnano, véase: Carl B. Boyer, *A History of Mathematics*, 1968; Morris Kline, *Mathematics in Western Culture*, 1953; para el análisis infinitesimal hay que tener presente: L. Geymonat, *Storia e Filosofia dell'Analisi Infinitesimale*, Levrotto & Bella, Turín, 1947. Para la historia de las geometrías no euclidianas (consideradas en relación con el problema de los fundamentos de la geometría) se puede consultar con gran provecho el estudio de Evandro Agazzi y Dario Palladino, *Le Geometrie Non Euclidee e i Fondamenti della Geometria*, Est Mondadori, Milán, 1978, sumado a la lectura del texto accesible de uno de los fundadores de las geometrías no euclidianas: Nikolaj Ivanovic Lobačevskij, *Novye Načala Geometry s polnoj Teoriej Parallelnyh*, 1835-38; también útil por la riqueza de las informaciones históricas y por la cantidad de referencias bibliográficas es la obra de Roberto Bonola, *La Geometría Non-Euclidea*, Zanichelli, Boloña, 1976 (1ª ed., 1906). La obra más importante acerca de los fundamentos de la geometría (muy técnica) de David Hilbert; *Grundlagen*

der Geometrie, 1900. Para una introducción a las tesis logicistas en el ámbito de la filosofía de la matemática puede consultarse Bertrand Russell, *Introduction to Mathematical Philosophy*, 1918 o el más amplio y comprometido B. Russell, *The Principles of Mathematics*, 1903. Un excelente volumen dedicado a aclarar la naturaleza misma del saber matemático a través de un estudio analítico de la concepción constitutivo-conceptualista de la matemática y de la descriptivo-platonista es el de Ettore Casari, *Questioni di Filosofia della Matematica*, Feltrinelli, Milán, 1972 al que se puede sumar Frank P. Ramsey, *The Foundations of Mathematics and other Logical Essays*, 1931. Merece ser señalada finalmente la obra de Gottlob Frege, *Die Grundlagen der Arithmetik*, 1884, pues constituye —según el juicio de 1932 de Zermelo— "una de las cosas más bellas y más claras de cuanto se ha publicado hasta ahora sobre el concepto de número" tanto que resulta —como subraya Magnione— "una verdadera obra maestra de la filosofía de la ciencia". Un estudio del pensamiento matemático conducido desde el punto de vista de la epistemología genética se encuentra en el volumen de Jean Piaget, *Introduction à l'Epistemologie Génétique. 1. La Pensée Mathématique*, 1950. Para el problema de los fundamentos de la matemática, véase la antología de Andrea Cantini, *I Fondamenti della Matematica*, Lœscher Editore, Turín, 1979; para la filosofía de la matemática, a un nivel más comprometido, se puede consultar el volumen cuidado por Carlo Cellucci, *La Filosofia della Matematica*, Laterza, Bari, 1967.

Lógica e historia de la lógica

Para la historia de la lógica se destacan los ótpimos capítulos que a ella dedica Corrado Mangione en la citada *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico* de L. Geymonat; la obra más completa y sistemática es la de William Calvert Kneale y Martha Kneale, *The Development of Logic*, 1962, que se puede completar con la de Francesco Barone, *Logica Formale e Logica Trascendentale*, Edizioni di "Filosofia", Turín, 1957-65, 2 vol. Un breve pero muy conciso bosquejo de historia de la lógica se lee en el óptimo Heinrich Scholz, *Abriss der Geschichte der Logik*, 1931.

Textos acesibles como primeras introducciones a las problemáticas lógicas son los de Alberto Pasquinelli, *Introduzione alla Logica Simbolica*, Einaudi, Turín, 1957; Irving Copi, *Introduction to Logic*, 1961 (de fácil lectura); María Luisa Dalla Chiara Scabia, *Logica*, Isedi, Milán,

1974 (reimpreso por Mondadori; texto que ofrece un panorama conciso y riguroso); Alfred Tarski, *Introduction to Logic and to the Methodology of Deductive Sciences*, 1965; Peter Frederick Strawson, *Introduction to Logical Theory*, 1952; Evandro Agazzi, *La Logica Simbolica*, La Scuola, Brescia, 1974.

Manuales de lógica de mayor interés para un nivel universitario son los estudios: Rudolf Carnap, *Einführung in die Symbolische Logik mit Besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen*, 1954; Willard von Ormann Quine. *Methods of Logic*, 1959; Ettore Casari, *Lineamenti di Logica Matematica*, Feltrinelli, Milán, 1972; Corrado Mangione, *Elementi di Logica Matematica*, Boringhieri, Turín, 1975; Robert Rogers, *Mathematical Logics and Formalized Theories*, 1971. Señalamos por fin la obra de E. W. Beth, *Les Fondaments Logiques des Mathématiques*, 1955, útil porque contiene muchas informaciones sobre todo en el campo de las investigaciones lógicas además de una amplia bibliografía. Un claro análisis de las posiciones del nominalismo y del realismo en la lógica contemporánea se encuentra en Hilary Putnam, *Philosophy of Logic*, 1971, mientras un panorama introductorio sobre las lógicas polivalentes se encuentra en Michele Marsonet, *Introduzione alle Logiche Polivalenti*, Edizioni Abete, Roma, 1976.

Filosofía del lenguaje

Algunos ensayos de autores clásicos de filosofía del lenguaje se encuentran incluidos en las siguientes antologías: Leonard Kinsky (comp.), *Semantics and the Philosophy of Language*, 1952; Andrea Bonomi (comp.), *La Struttura Logica del Linguaggio*, Bompiani, Milán. 1973. Entre los estudios clásicos de filosofía del lenguaje nos limitamos a señalar los de Gottlob Frege, *Ueber Sinn und Bedeutung*, 1892, *Ueber Begriff und Gegenstand*, 1892, ambos incluidos en la *op. cit.* de Frege; también el volumen de Bertrand Russell, *An Inquiry into Meaning and Truth*, 1940 y el *Tractatus Logico-Philosophicus*, 1922, de Ludwig Wittgengstein. Estudios accesibles de filosofía del lenguaje conducidos según la perspectiva positivista son el volumen de Alfred J. Ayer, *Language, Truth and Logic*, 1935 y Charles Morris, *Signs, Language and Behaviour*, 1946. Un texto más reciente en el que se consideran con renovado criterio los problemas del análisis del concepto de referencia junto con el del concepto de verdad es el importante estudio de Saul Kripke, *Naming and Necessity*, 1980. La obra clásica de C. K. Ogden y J. A. Richards, *The Meaning of Meaning*, 1923, es de gran valor. Algunas de las contribuciones más interesantes en el campo del análisis lógico del

lenguaje están disponibles en italiano en la colección dirigida por Andrea Bonomi "Logica e Filosofia del Linguaggio", comp. por Feltrinelli-Bocca, Milán.

Capítulo III: El contacto con la experiencia en las teorías físicas

Para un bosquejo de la historia de la física, véase la contribución de Mario Gliozzi en la *Storia delle Scienze* cuidada por N. Abbagnano. Para el problema de la inducción es fundamental la obra de Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability*, 1ª ed. 1950, 2ª ed. 1962 en la cual se desarrolla el análisis keynesiano proponiendo una relación esencial entre inducción y probabilidad. Más recientemente, estos problemas de lógica inductiva fueron abordados por Jaakko Hintikka para lo cual véase la primera parte del volumen (edición italiana), *Induzione, Accettazione, Informazione*, Il Mulino, Boloña, 1974, págs. 11-118 (pero es también para tener en cuenta el volumen antológico —edición italiana— de R. Carnap, *Analicità, Significanza, Induzione*, Il Mulino, Boloña, 1971). Sobre el problema de la inducción merecen finalmente ser señalados el escrito de Marcello Pera, *Hume, Kant e l'Induzione*, Il Mulino, Boloña, 1982 (que propone una solución en clave kantiana del problema de la justificación de la inducción) y la antología (edición italiana) a cargo de M. Pera de los escritos de Herbert Feigl, *Induzione e Empirismo*, Armando, Roma, 1979.

Sobre el problema de la interrelación entre contenido observacional y estructuras teóricas (puesto en relación con el de la axiomatización de las teorías físicas) véanse las clásicas contribuciones de Pierre Duhem, *La Theorie Phisyque: Son Object et sa Structure*, 1914, y Karl R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (1ª edición alemana, 1934; 1ª edición inglesa, 1959). Señalamos también el interesante análisis de Norwood Russell Hanson, *Patterns of Discovery*, 1958, que se puede leer sumado al lúcido estudio de Marcello Pera, *Popper e la Scienza su Palafitte*, Laterza, Roma-Bari, 1982, además del escrito de Paul K. Feyerabend, *Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, 1970 y 1975, que intenta obtener consecuencias radicales del reconocimiento de la presencia de elementos teóricos en los contenidos empíricos. Para los otros problemas citados en el texto son útiles las contribuciones de Enrico Bellone, *I Modelli e la Concezione del Mondo nella Fisica Moderna da Laplace a Bohr*, Feltrinelli, Milán, 1973 (analiza algu-

nos factores del proceso de desarrollo de las ciencias físicas y matemáticas desde el siglo XIX hasta principios del presente siglo) y *Le Leggi della Termodinamica da Boyle a Boltzmann*, Loescher Editore, Turín, 1978 (antología de textos con amplia introducción).

Para la historia del movimiento neopositivista además del estudio de F. Barone, *Il Neopositivismo Logico, op. cit.* y del "manifiesto" de la escuela debido a H. Hahn, R. Carnap, O. Neurath, *Wissenschaftliche Weltauffassung, op. cit.*, véase el ensayo de Joergen Joergensen, *The Development of Logical Empiricism*, 1951, y el opúsculo de O. Neurath, *Le Développement du Circle de Vienne et l'Avenir de l'Empirisme Logique*, 1935. Una nítida exposición crítica de las tesis de los neopositivistas se encuentra en la obra de Julius R. Weinberg, *An Examination of Logic Positivism*, 1936, a la que se puede agregar la monografía de Victor Kraft, *Der Wiener Kreis*, 1950, 2ª ed. revisada 1968. Sobre el problema de la verificación vale tener presente el lúcido ensayo de Giulio Preti, *Tre Fasi dell'Empirismo Logico*, 1954, reimpreso en G. Preti, *Saggi Filosofici*, "La Nuova Italia" Editrice, Florencia, 1976, 2 vol., vol. I, págs. 295-313 (donde se lee también el importante estudio titulado *Due Orientamenti nell'Epistemologia*, 1950, págs. 53-77).

Capítulo IV: El problema de la explicación en las teorías físicas

Sobre el problema de los modelos (y de las analogías) además del volumen de E. Bellone, *I Modelli e la Concezione del Mondo, op. cit.*, conviene tener presente el estudio de Mary B. Hesse, *Models and Analogies in Science*, 1966, que mediante una precisa discusión teórica de los modelos y de sus funciones en la empresa científica pone en crisis a la interpretación heurístico-instrumental de los mismos. Para una discusión más general sobre los modelos y la explicación científica en las teorías físicas ténganse presentes las consideraciones que se leen en P. Duhem, *La Théorie Physique, op. cit.* (sobre todo el cap. IV de la parte I), R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation, op. cit.* (cap. IV), N. R. Hanson, *Patterns of Discovery, op. cit.* Algunas consideraciones bastante precisas y profundas sobre la importancia y el uso de las analogías y de los modelos se encuentran en la entrevista a René Thom a cargo de Giulio Giorello y Simona Morini, *Parabole e Catastrofi*, Il Saggiatore, Milán, 1980, y además en el mucho más elaborado René Thom, *Stabilité Structurelle et Morphogénèse*, 1972. Afronta el problema de los modelos teóricos en el ámbito matemático el volumen de Maria Luisa Dalla Chiara Scabia, *Modelli Sintattici e Semantici delle Teorie Elementari*, Feltrinelli, Milán, 1968; el problema del "modelo" en las ciencias se discute, desde

un aspecto histórico en relación con distintos ámbitos disciplinarios, en las contribuciones de la cuarta sección del volumen de varios autores, *Il Problema delle Scienze nella Realità Contemporanea, op. cit.*

Para un estudio del pragmatismo se recomienda la amplia antología italiana *Il Pragmatismo*, compilada por Antonio Santucci, UTET, Turín, 1970 que presenta los textos más significativos y más representativos de esta corriente filosófica. Los escritos fundamentales del fundador del pragmatismo están disponibles en el volumen de Charles Sanders Peirce, *Change, Love and Logic*, 1923. El texto de Carlo Sini, *Il Pragmatismo Americano*, Laterza, Bari, 1972 reconstruye los logros del pragmatismo, las discusiones entre Peirce y W. James además de la tarea de "recuperación" de Peirce efectuada según el punto de vista del instrumentalismo de John Dewey. De J. Dewey nos limitamos a señalar *Logic the Theory of Inquiry*, 1938, una de sus mayores obras, en la cual se desarrolla sistemáticamente al instrumentalismo, de modo de mostrar que la verdad científica resulta inescindible de su practicidad ("lo verdadero es lo verificado"). Sobre Dewey es de valor el fascículo IV de 1951 de la "Rivista Critica di Storia della Filosofia" enteramente dedicado a un análisis de su pensamiento. Para una reconstrucción precisa y persuasiva del pragmatismo italiano véase Mario Dal Pra, *Studi Sul Pragmatismo Italiano*, Bibliopolis, Nápoles, 1984. Para el marxismo véanse las informaciones bibliográficas provistas para los capítulos X y XI.

Capítulo V: El problema de la especialización

Sobre el problema de la especialización y del papel de la matemática como superciencia en el pensamiento de Comte véase Auguste Comte, *Cours de Philosophie Positive*, 6 vol., 1830-42, Lección segunda (dedicada a la jerarquía de las ciencias positivas y al papel de la matemática). Sobre el problema de la clasificación de las ciencias véanse las perspicaces observaciones de Giovanni Vailati, *Scritti*, Leipzig, Florencia, 1911: *Des Difficultés qui s'Opposent a une Classification Rationelle des Sciences*, págs. 324-335 (pero véanse también las dos recensiones de las págs. 249-250 y págs. 428-439) junto con el estudio de Federico Enriques, "La Filosofia Positiva e la Classificazione delle Scienze", *Scientia*, 1910, vol. 2, págs. 244-259.

Sobre el problema de la cerrazón mental derivado del especialismo y sobre el de la "perversa metafísica", presente en las concepciones de muchos científicos véanse los análisis efectuados por Friedrich Engels en la obra *Herrn Eugen Dühring's Umwälzung der Wissenschaft (Anti-Dühring)*, 1878 y en los inéditos luego publicados (1925) con el título *Dialektik der Natur*; para una integración bibliográfica sobre la perspectiva marxista véanse las informaciones bibliográficas ofrecidas para los capítulos X y XI. Sobre el problema del realismo (en relación con el neopositivismo) nos limitamos a señalar la antología italiana de textos de Moritz Schlick, *Tra Realismo e Neo-Positivismo*, Il Mulino, Boloña, 1974 (que incluye también una Introducción de L. Geymonat que debe tenerse presente).

Para el análisis del problema de las "dos culturas" (citado en el texto) véanse las sutiles consideraciones de Elio Vittorini, *Le due tensioni*, a cargo de Dante Isella, Il Saggiatore, Milán, 1967 y el célebre pequeño libro de Charles P. Snow, *The Two Cultures: and a Second Look*, 1959 que sin embargo se limita a describir sociológicamente el problema sin extraer las causas y sin delinear, en consecuencia, alguna explicación. Una intervención que se ha inspirado en la polémica de las dos culturas, para luego proceder más allá del terreno polémico, es la de Giulio Preti, *Retorica e Logica*, Einaudi, Turín, 1960, el que pone de relieve la estructura antinómica de la cultura occidental. Para una discusión profunda de la temática abordada en el texto deben tenerse presentes los capítulos I y XXI del vol. IV de la *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico* de L. Geymonat, *op. cit.*, así como el más reciente L. Geymonat, *Scienza e Realismo*, Feltrinelli, Milán, 2ª ed. corregida y aumentada, 1982 (1ª ed. 1978).

Capítulo VI: El problema de la unificación de las ciencias hoy

El problema de la unificación de la ciencia se discute desde diversos puntos de vista (todos desarrollados en relación con las tesis neopositivistas) en el volumen de varios autores *Neopositivismo e Unità della Scienza*, Bompiani, Milán, 2ª ed. revisada, 1973, que comprende trabajos de O. Neurath, N. Bohr, J. Dewey, B. Russell, R. Carnap, C. W. Morris, J. Joergensen. La concepción según la cual todos los fenómenos se deben explicar en términos mecánicos es estudiada críticamente por Ernest Mach en su celebérrimo *Die Mechanik in Ihrer Entwicklung*

Historisch-Kritisch Dargestellt, 1ª ed., 1883. Un ensayo histórico completo sobre el mecanicismo que se señala por su capacidad de insertar el análisis de los problemas más intrincados y particulares dentro de un cuadro general es el de E. J. Dijksterhuis, *De Mechanisering von het Wereldbeeld*, 1950. Sobre el vitalismo, además del estudio general de L. R. Wheeler, *Vitalism, its History and Validity*, Londres, 1939, citamos la discusión que en el curso de la década del veinte tuvo lugar a través de la revista *Scientia* (en particular véanse los aportes de E. Rignano, *Entre le Vitalisme et le Mécanicisme s'Impose une Solution Intermediaire*, 1926, vol. 4, parte primera, y vol. 5, parte segunda, que esbozan una posición intermedia reafirmada en *Nè Vitalismo nè Meccanicismo*, 1929, vol. 7). Para una introducción al mecanicismo y al vitalismo en la biología de este siglo véase la antología de Bernardino Fantini, *La Macchina Vivente*, Longanesi, Milán, 1976 (amplia selección de textos con una introducción que los encuadra históricamente en la discusión europea del siglo XX) y también los capítulos de Felice Mondella dedicados a la biología incluidos en la *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico* de L. Geymonat, *op. cit.*

Sobre el fisicalismo, aparte de los análisis que se le dedican en los diversos estudios —ya señalados— sobre el movimiento neopositivista, véase de O. Neurath el volumen antológico (edición italiana), *Sociologia e Neopositivismo*, Ubaldini, Roma, 1968 y el importante artículo de M. Schlick, *Ueber das Fundament der Erkenntnis*, en la antología italiana de textos de este autor, *Tra Realismo e Neopositivismo, op. cit.*, págs. 133-154. Sólo referida al movimiento neopositivista, es de interés la antología a cargo de Mario Trinchero, *Il Neopositivismo Logico*, Loescher Editore, Turín, 1978, a la cual se puede agregar otra antología, más profunda, cuidada por Alberto Pasquinelli, *Il Neoempirismo*, UTET, Turín, 1969.

Para el falsificacionismo, además de la ya citada *The Logic of Scientific Discovery* de Popper, véase del mismo autor: *Conjectures and Refutations*, 1969 (que ilustra con varios y eficaces ensayos dedicados a varias temáticas las tesis popperianas típicas del falsificacionismo) y la antología italiana *Scienza e Filosofia*, Einaudi, Turín, 1977 (1ª ed. 1969) que recopila cinco ensayos. Para los argumentos del popperismo se deben tener presentes los importantes ensayos de Imre Lakatos, *La Falsificazione e la Metodologia dei Programmi di Ricerca Scientifici* y *La Storia della Scienza e le sue Ricostruzioni Razionali*, incluidos ambos en la antología de varios autores *Critica e Crescita della Conoscenza, op. cit.*, respectivamente en las págs. 164-276 y págs. 366-408 además de —en

el campo matemático— el volumen *Proof and Refutations. The Logic of Mathematical Discovery*, 1976.

Los logros más radicales del falsificacionismo se perciben desde las posiciones de la epistemología anárquica de Paul K. Feyerabend de quien véase, además del ya citado *Against Method*, el volumen *Science in a Free Society*, 1978 (también escrito en forma brillante y fácilmente accesible).

Para la noción de "patrimonio científico-técnico" véase el cap. II de L. Geymonat, *Scienza e Realismo, op. cit.* Sobre la dialéctica véase el estudio histórico-informativo de Livio Sichirollo, *Dialettica*, Isedi, Milán, 1977 (1ª ed. 1973) y el volumen (bastante complejo) de Diego Marconi (comp.), *La Formalizzazione della Dialettica, Hegel, Marx e la Logica Contemporanea*, Rosemberg & Sellier, Turín, 1979 que encara el problema de la "estructura" del razonamiento dialéctico y la posibilidad de elaborar sistemas deductivos contradictorios.

Capítulo VII: Sobre la definición del concepto de causa

El clásico análisis humeano de la causalidad se encuentra en la parte tercera del primer libro del *Teatrise of Human Nature*, 1739-40 y en la sección séptima de los *Philosophical Essays Concerning Human Understanding*, 1748. Sobre Hume véase el volumen de Mario Dal Pra, *Hume e la Scienza della natura Humana*, Laterza, Bari, 1973 que analiza el conjunto unitario y sistemático del pensamiento humeano. El examen más completo del significado y de la función del principio causal en la ciencia moderna se encuentra en el estudio de Mario Bunge, *Causality. The Place of Causal Principle in Modern Science*, 1963 que discute la problemática causal confrontándola con las otras categorías científicamente relevantes y con las tesis de los deterministas y de los indeterministas. Sobre la causalidad, desde un punto de vista neopositivista, son de tener presentes: el artículo de B. Russell, *On the Concept of Cause*, que se lee en B. Russell, *Mysticism and Logic and Other Essays*, 1917, y el de M. Schlick, *La Causalita nella Fisica Contemporanea*, 1931, en la antología sobre Schlick, *Tra Realismo e Neo-Positivismo, op. cit.*, págs. 37-38.

Sobre el problema de la probabilidad, además del trabajo ya citado de R. Carnap, *Logical Foundations of Probability, op. cit.*, véase el estudio de Domenico Constantini, *Fondamenti del Calcolo delle Probabilità*, Feltrinelli, Milán, 1970 que ofrece un buen panorama de las tres concepciones fundamentales de la probabilidad (la logística de J. M. Keynes y R. Carnap, la subjetivista de B. De Finetti y la frecuentista de R. Von Misses). Popper en su *The Logic of Scientific Discovery, op. cit.*, ha criticado en un todo la posibilidad de fundar positivamente las hipótesis científicas sobre las observaciones empíricas; desde un punto de vista popperiano son también de interés los análisis que forman parte de Imre Lakatos (ed.), *The problem of Inductive Logic*, Amsterdam, 1968 (la contribución de Lakatos en las págs. 315-417). Una exposición histórica y teórica de los principales problemas de la filosofía de la probabilidad se encuentra en la parte primera del volumen de Domenico Constantini y Ludovico Geymonat, *Filosofia della Probabilità*, Feltrinelli, Milán, 1982 (las págs. 13-102 son las más accesibles, mientras la segunda parte presenta contribuciones de naturaleza más técnica).

Capítulo VIII: El problema del determinismo

La formulación clásica del determinismo se encuentra en el escrito de Pierre Simon Laplace, *Saggio Filosofico sulla Probabilità*, 1814, traducción italiana en P. S. Laplace, Opere, a cargo de Orietta Pesenti Cambursano, UTET, Turín, 1967, págs. 233-404. Una discusión profundizada de los problemas de la causalidad en la teoría de los cuantos y en sus relaciones con la probabilidad se lee en el estudio de Ernst Cassirer, *Determinismus und Indeterminismus in der Modernen Physik*, 1937 (en el volumen se delinea una perspectiva neokantiana en condición de demostrar que el principio de indeterminación no ha puesto en crisis a la "causalidad" si esta última es interpretada en sentido categorial y funcional, como forma de unificación sistemática de los datos empíricos). También defiende al determinismo el texto de Max Planck *Wege zur Physikalischen Erkenntnis*, 1933 que considera a la ley de causalidad como un principio heurístico. Para la llamada "crisis del determinismo" véanse las discusiones y los argumentos de N. Bohr, W. Heitler y A. Einstein en el volumen *Albert Einstein: Philosopher-Scientist, op. cit.*, Para una historia de los descubrimientos físicos de este siglo es muy útil Emilio Segrè, *Personaggi e Scoperte nella Fisica Contemporanea*, Mondadori, Milán, 1983 (1ª ed., 1963). Optima introducción a los conceptos y a los problemas fundamentales de la física es el volumen de Albert Einstein y Leopold Infeld, *The Evolution of Physics*, 1938. Un punto de vista distinto que critica todas las tentativas de explicación que recurren a los "modelos" y a los "mecanismos" deterministas ha sido elaborado por Percy William Bridgmann que ha definido al operativismo según el cual un concepto debe definirse desde el conjunto de operaciones que le corresponden. Este punto de vista operacionista (que tiende a negar la validez a priori de todo concepto científico) se encuentra expuesto en la clásica obra de P. W. Bridgmann, *The Logic of Modern Physics*, 1927 y la *Critica Operazionale della Scienza*, recopilación de escritos al cuidado de Bruno Cermignani, Boringhieri, Turín, 1969. Un tratado filosóficamente riguroso y profundo de la mecánica cuántica se encuentra en el volumen de Hans Reichenbach, *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*, 1944. El texto fundamental de la mecánica cuántica de Werner Heisenberg, *Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, 1930, también es importante para este tema. Sobre el problema del determinismo deben tenerse presentes las precisas observaciones de M. Schlick, *Tra Realismo e Neo-Positivismo, op. cit.*, págs. 221 y subsiguientes.

Para el debate biológico contemporáneo véase: de Jacques Monod el clásico volumen *Le Hasard et la Nécésité, Essai sur la Philosophie Naturelle de la Biologie Moderne*, 1970. Un libro que presenta un notable interés para las indagaciones sobre la naturaleza humana puesto que profundiza la relación entre la evolución biológica y la historia humana es el de Steven Rose, Richard Lewontin y Leon Kamin, *Not in Our Genes*, 1984. Un amplio panorama histórico-cultural de las diversas corrientes filosóficas y científicas que caracterizan a la biología contemporánea se encuentra en el volumen de Emil Ungerer, *Die Erkenntnisgrundlagen der Biologie*, 1941 que tiende a superar, sobre la base del neokantismo, a las posiciones metafísicas aún presentes en el pensamiento biológico. Una consideración sistemática del saber biológico a la luz de los cánones de la filosofía de la ciencia se encuentra en cambio en el volumen de Michael Ruse, *The Philosophy of Biology*, 1973. Una buena antología sobre el evolucionismo en sus aspectos biológicos y filosóficos es la cuidada por Guiliano Pancaldi, *Evoluzione: Biologia e Scienze Umane*, Il Mulino, Boloña, 1976. Sobre el evolucionismo es finalmente de importancia el número monográfico de la revista *Scientia* titulado *Darwin: La Nuova Idea della Vita*, annus LXXVII, vol. 118, fasc. I-VIII, 1983 con contribuciones de G. Montalenti, P. Omodeo, R. C. Lewontin, E. Mayr, S. J. Gould, J. T. Bonner, G. Pancaldi, S. Tagliagambe, K. Bayertz, L. Zanzi. Sobre estas temáticas véase también el más reciente estudio de Pietro Omodeo, *Creazionismo ed Evoluzionismo*, Laterza, Roma-Bari, 1984. Una reconstrucción de Marx y Engels como intérpretes del

darwinismo se lee en el ensayo de Ferdinando Vidoni, *Natura e Storia*, De Donato, Bari, 1985.

Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, revalorando la importancia de la irreversibilidad y de la indeterminación, desarrollan una nueva concepción de la naturaleza y del hombre en su texto *La Nouvelle Alliance. Methamorphose de la Science*, 1979 al que se puede sumar la antología (edición italiana) de escritos de Ilya Prigogine (y de sus colaboradores), *La Nuova Alleanza. Uomo e Natura in una Scienza Unificata.* Longanesi, Milán, 1979.

Capítulo IX: Ciencia e historia de la ciencia

En el debate epistemológico contemporáneo ha ido emergiendo progresivamente la conciencia —como ha subrayado I. Lakatos— de que "la filosofía de la ciencia sin historia de la ciencia está vacía. La historia de la ciencia sin filosofía de la ciencia es ciega". Sobre el problema del crecimiento de la ciencia (y de la racionalidad de tal progreso) son para consultar: el volumen *Critica e Crescita della Conoscenza, op. cit.*; el cap. IV de L. Geymonat, *Scienza e Realismo, op. cit.*; el volumen de Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 1962, texto que ha sido centro de muchas discusiones: en él, criticando las tesis popperianas, se explican las revoluciones científicas recurriendo a la mutación de los paradigmas científicos; las contribuciones de Feyerabend, *Against Method, op. cit.*, y de Larry Laudan, *Progress and its Problems*, 1977 (que subraya en particular las relaciones de una teoría con una tradición de investigación o con las otras teorías de la misma tradición o exteriores a esta última); datos interesantes sobre la historia de la ciencia se leen también en los trabajos de un "popperiano purista" como es Joseph Agassi, *Epistemologia, Metafisica e Storia della Scienza* (antología, de edición italiana), Armando, Roma, 1978 (escritos que tratan de revalorar la importancia de la metafísica en la historia de la ciencia) y *Towards an Historiography of Science*, 1963 (libro que expone las tesis popperianas en el campo historiográfico). Un análisis crítico detallado de las tesis de la epistemología falsificacionista (en sus varias formulaciones) y de las tesis kuhnianas de la ciencia normal se encuentra en el trabajo de Carl R. Kordig, *The Justification of Scientific Change*, 1971. Sobre las cuestiones relacionadas con la dinámica del progreso científico téngase también presente el texto a cargo de R. Harré, *Problems of Scientific Revolution*, 1975 (con contribuciones de H. Bondi, J. Monod, W. Dodmer, J. Ravetz, B. F. Skinner, K. Popper). En relación con los debates epistemológicos relativos a la historia de la ciencia citamos también a las lúcidas argumentaciones "discontinuistas" de Alexandre Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe*, 1957, *Les Philosophes et la Machine. Du Monde de l' "à-peu-près" à l'Univers de la Precisione*, 1961, y *La Revolution Astronomique*, 1961, además de aquéllos, en parte ya citados, de G. Bachelard a los que se puede agregar el texto (teórico), *La Philosophie du Non*, 1940. Sobre la vertiente "continuista", además de las contribuciones de P. Duhem, nos limitamos a señalar el volumen antológico de Federigo Enriques, *Natura, Ragione e Storia*, cuidado por Lucio Lombardo Radice, Boringhieri, Turín, 1958.

Un intento de interpretar y explicar (desde un punto de vista marxista) las relaciones entre el desarrollo de la ciencia y las dinámicas socioeconómicas ha sido propuesto y delineado, durante el "Congreso Internacional de historia de la ciencia y de la tecnología" (Londres, 1931) por los delegados soviéticos (cuyos argumentos están publicados en el volumen de varios autores, *Science at the Cross Road*, 1971. Un intento de demostrar que la ciencia es una actividad social dentro de la cual se pueden hallar fuertes implicaciones ideológicas se encuentra configurado en los volúmenes: Alain Jauber y Jean-Marc Levis-Leblond (comp.), *(Auto) Critique de la Science*, 1973; varios autores, *L' ape e L'Architetto. Paradigmi Scientifici e Materialismo Storico*, Feltrinelli, Milán, 1976; Marcello Cini (comp.), *La Scienza nella Società Capitalistica*, De Donato, Bari, 1980, y también Danielle Mazzonia y Marcello Cini, *Il Gioco delle Regole*, Feltrinelli, Milán, 1981 (en este último volumen las tesis del llamado "grupo Cini" son presentadas de modo más mediato y articulado; para esta parcial "autocrítica" de Cini véase también su contribución en el volumen de varios autores, *Il Problema delle Scienze nella Realtà Contemporanea, op. cit.*, págs. 139-169). Una argumentación teórica referida a estos problemas se encuentra en Angelo Baracca y Arcangelo Rossi, *Marxismo e Scienze Naturali*, De Donato, Bari, 1976. Una crítica puntual a estas tesis "externistas" se encuentra en L. Geymonat, *Contro il Moderatismo*, Feltrinelli, Milán, 1978 (sobre todo la última sección) y en varios autores, *Lavoro, Scienza e Potere*, Feltrinelli, Milán, 1981 que propone nuevamente una objetividad del conocimiento científico desarrollando un análisis marxista alternativo. Trabajos interdisciplinarios sobre la investigación científica, en especial el coordinado por Giuseppe Semerari, *La Scienza come Problema*, De Donato, Bari, 1980 y el coordinado por Roberto Todeschini, *Storia, Filosofia e Politica della Scienza*, Clup-Clued, Milán, 1980. Un análisis crítico de los problemas actuales conexos a la historia de la ciencia se encuentra en el volumen de

varios autores, *Scienza e Storia*, a cargo de Silvano Tagliagambe y Antonio Di Meo, Critica marxista-Editori Riuniti, Roma, 1980.

La noción de "progreso" científico es analizada en sus varios aspectos teóricos e históricos en el volumen cuidado por Evandro Agazzi, *II Concetto di Progresso nella Scienza*, Feltrinelli, Milán, 1976 que presenta contribuciones de E. Agazzi, A. Borsellino, J. Cohen, A. C. Crombie, J. Dieudonné, F. Mondella, P. Rossi, G. Toraldo di Francia. Sobre la historia de la ciencia señalo finalmente el ensayo de Gianni Micheli, *Storia della Scienza e Storia della filosofia: Problemi di Metodo*, "Rivista Critica di Storia della Filosofia", año XXII, págs. 303-318.

Capítulo X: Ciencia y verdad y Capítulo XI: Ciencia y realidad

Para los clásicos del marxismo ténganse presentes los escritos de F. Engels, *Dialektik der Natur, op. cit.* y *Anti-Dühring, op. cit.* junto con los escritos de Marx para los cuales remitimos a la antología cuidada por Cesare Pianciola, *II Pensiero di Karl Marx*, Loescher Editore, Turín, 1974 y a la de Cornelio Fabro, *Materialismo Dialettico e Materialismo Storico*, La Scuola, Brescia, 1973 (antologiza textos de Feuerbach, Marx y Engels) a las que es útil agregar el breve mas significativo F. Engels, *Ludwig Feuerbach und der Ausgang der Klassischen Deutschen Philosophie*, 1888. De V. I. Lenin ténganse presentes: *Materialismo ed Empiriocriticismo. Note Critiche su di una Filosofia Reazionaria*, 1909 (2ª ed. 1920), Editori Riuniti, Roma, 1973 y los *Quaderni Filosofici*, 1929-30, Editori Riuniti, Roma, 1976.

Sobre el problema del materialismo desde un punto de vista marxista me limito a señalar el estudio incisivo y estimulante de Sebastiano Timpanaro, *Sul Materialismo* (2ª ed. revisada y ampliada), Nistri Lischi, Pisa, 1975 y el volumen de Cesare Luporini, *Dialettica e Materialismo*, Editori Riuniti, Roma, 1974 (rico en análisis agudos pertinentes a problemas particulares del marxismo como la relación hombre-naturaleza, la dialéctica marxista y la epistemología marxista). Perspectivas originales relacionadas con el materialismo dialéctico se encuentran en los escritos de Joseph Dietzgen (de quien recomendamos la antología italiana *La teoria de Classe della Conoscenza*, Lavoro Liberato, Milán, 1975). Sobre Engels véase el volumen de Eleonora Fiorani y Ferdinando Vidoni, *II*

Giovane Engels, Mazzotta Editore, Milán, 1974 (con amplia antología de textos) al que se suma el estudio de Eleonora Fiorani, *Friedrich Engels e il Materialismo Dialettico*, Feltrinelli, Milán, 1977 que además de un análisis de las contribuciones engelsianas considera también la actualidad del materialismo dialéctico en relación con la presente problemática científica. Una exposición "escolástica" del materialismo dialéctico según los cánones de Diamat se encuentra en el volumen de Walter Hollitscher, *Die Natur im Weltbild der Wissenschaft*, 2ª ed. 1964 (que contiene un interesante apéndice en el cual L. Lombardo Radice y el autor presentan, discuten y defienden diversas concepciones marxistas de la ciencia). Un libro, accesible a todos los lectores, que esboza una manera original de considerar a las ciencias naturales desde el punto de vista del marxismo es el de Robert Havemann, *Dialektik und Dogma?*, 1964. Una primera aplicación del marxismo al método científico (conectada con la individualización de algunos "modelos" del proceso dialéctico) se encuentra en Leo Apostel, *Materialisme Dialectique et Méthode Scientifique*, 1960. Una elaboración original del materialismo dialéctico se encuentra en la obra de L. Geymonat, *Scienza e Realismo, op. cit.*: contribuciones dirigidas según una perspectiva crítica afín a la de Geymonat se leen en los volúmenes de varios autores: *Critica Leninista del Presente*, Feltrinelli, Milán, 1980; *Lavoro, Scienza, Potere, op. cit.* y en el ensayo de L. Geymonat, *Note su Alcune Obiezioni al Materialismo Dialettico* en varios autores, *La Storia della Filosofia come Sapere Critico*, Angeli, Milán, 1984, págs. 556-563. Para un contexto cultural chino véase Chang Entse, *Conoscenza e Verità Secondo la Teoria del Riflesso*, Lavoro Liberato, Milán, 1977.

Para la relación entre el materialismo dialéctico y la física contemporánea véase el estudio de Eftichios Bizakis, *Physique Contemporaine et Materialisme Dialectique*, 1973 y el fundamental de varios autores, *L'Interpretazione Materialistica della Meccanica Quantistica. Fisica e Filosofia in URSS*, a cargo de Silvano Tagliagambe, Feltrinelli, Milán, 1972 (contiene estudios sobre la mecánica cuántica, la causalidad, la interacción, la dialéctica). De nivel decididamente más accesible son las dos antologías, siempre a cargo de S. Tagliagambe, *Materialismo e Dialettica nella Filosofia Sovietica*, Loescher Editore, Turín, 1979 (antología de textos con introducción del compilador que analiza al materialismo dialéctico desde el punto de vista filosófico) y *Scienza e Marxismo in URSS*, Loescher, Turín, 1979 (en el cual se estudia el materialismo dialéctico en relación con las ciencias). Señalamos por fin el volumen de varios autores, *Attualità del Materialismo Dialettico*, Editori Riuniti, Roma, 1974

que contiene distintos ensayos de naturaleza histórica y teórica, además del número monográfico titulado *Sul Marxismo e le Scienze* aparecido como "Cuaderno nº 6" de "Crítica Marxista", 1972 que incluye contribuciones de diversos planteos para la reflexión sobre el nexo marxismo-ciencias. En la obra de Dominique Lecourt, *Lenin e la Crisi delle Scienze*, Editori Riuniti, Roma, 1974 (1ª ed. francesa, 1973) en referencia a las enseñanzas de Louis Althusser se discute el materialismo dialéctico según una perspectiva cultural diferente de la presente en los textos hasta aquí indicados. Una confrontación crítica original entre el materialismo dialéctico contemporáneo y la epistemología anglosajona se lee en el reciente estudio de Ludovico Geymonat, *Riflessioni Critiche su Kuhn e Popper*, Dedalo, Bari, 1983.

Sobre el "historicismo científico" véanse las contribuciones de Luigi Zanzi en el volumen de varios autores, *Il Problema delle Scienze nella Realtà Contemporanea, op. cit.*

Revistas y colecciones de filosofía e historia de la ciencia

Las mayores revistas no italianas de filosofía de la ciencia son las siguientes: *Philosophy of Science*, Baltimore, 1934—; *The British Journal for the Philosophy of Science*, Edimburgo-Londres, 1950—; *Synthese*, Dordrecht-Boston, 1949; *Erkenntnis, ídem.*, 1967— (retoma, en una nueva serie editada por Riedel, la revista principal del Círculo de Viena); *Theory and Decision*, Dordrecht, 1970—; *The Journal of Philosophical Logic, ídem*, 1972; *The Journal of Philosophy*, Nueva York, 1904—; *The American Philosophical Quarterly*, Oxford, 1964—; *The Monist*, Chicago-Londres, 1890-1936; *Mind*, Londres, 1876—; *The Philosophical Review*, Ithaca, Nueva York, 1892—; *Nous*, Bloodmington, 1967—; *Ratio*, Francfort, 1957/58—. En Italia son de señalar la prestigiosa *Scientia*, Milán, 1907—(difundida sobre todo a nivel internacional) y la más reciente *Epistemologia*, Génova, 1978—. Recordamos también que se han publicado importantes y fundamentales estudios de filosofía de la ciencia en la revista de M. Dal Pra, *Rivista di Storia della Filosofia*, Milán, 1946— y en la *Rivista di Filosofia*, Turín-Boloña, 1909—.

Entre las revistas de más amplia divulgación científica se señalan la revista estadounidense *Scientific American* (uno de los periódicos más difundidos en el mundo); *Sapere*, la más antigua revista italiana de divulgación científica y *SE. Scienza ed Esperienza*, ágil e interesante periódico de reflexión crítica sobre la ciencia.

Las más importantes colecciones italianas (en las cuales se publican las traducciones de muchos textos extranjeros junto con una muy rica y calificada producción italiana) a las que ya se ha hecho amplia referencia en el curso del presente trabajo, son: la fundamental colección *Filosofia della Scienza* dirigida por L. Geymonat, Feltrinelli, Milán; *Storia della Scienza* dirigida por P. Rossi, luego en colaboración con L. Sosio, Feltrinelli, Milán (publica estudios fundamentales para la reconstrucción de la historia del pensamiento científico); *Classici della Scienza* dirigida por L. Geymonat, UTET, Turín (en la cual se publican las "fuentes" del pensamiento científico); *Storia della Scienza* dirigida por P. Rossi, Loescher Editore, Turín (colección de antologías de textos con ágiles y amplias notas introductorias de diversos especialistas), *Collana di Logica Matematica*, dirigida por Corrado Mangione, Boringhieri, Turín (publica manuales de texto de óptimo nivel junto con estudios avanzados y originales); *Biblioteca di Cultura Scientifica*, inicialmente Einaudi, más tarde Boringhieri, Turín (ha compilado textos importantísimos del debate contemporáneo y óptimos estudios introductorios); *Collana di Metodologia della Scienza e Filosofia del Linguaggio* dirigida por F. Barone y V. Somenzi, Armando, Roma (comp. textos, nuevos documentos y ensayos crítico-informativos); *Biblioteca della Est*, Mondadori, Milán (compila sobre todo monografías dedicadas a los más recientes descubrimientos científicos y a los temas interdisciplinarios de la investigación); no debe olvidarse la compilación *Filosofia* del editor Il Mulino de Boloña que ha publicado muchos textos de importancia y la más reciente compilación de *Epistemologia* de Angeli, Milán. Para la historia del pensamiento científico y filosófico recordamos la colección de *Filosofia e Scienza nel Cinquecento e nel Seicento* dirigida por M. Dal Pra del editor Angeli que ha compilado instrumentos bibliográficos, textos y estudios de notable importancia.

Bibliografía de y sobre Ludovico Geymonat

Para una bibiliografía sistemática de las obras de y sobre Geymonat véase Mario Quaranta y Bruno Maiorca, *L'Arma della Critica di Ludovico Geymonat*, Garzanti, Milán, 1977 (que comprende también un breve perfil general del pensamiento de Geymonat escrito por Quaranta en las págs. 7-88) y la contribución que integra el volumen de varios autores, *Ludovico Geymonat Filosofo della Contraddizione*, Edizioni Sapere, Padua, 1980, págs. 100-109. Sobre Geymonat, además del volumen

de Francesco Nuzzaci, *Il Neorazionalismo di Ludovico Geymonat*, Edizioni Glaux, Nápoles, 1971 y el más discutible Josepho Wu Chang-Teh, *Dal Neopositivismo allo Storicismo Scientifico. L'Evoluzione Filosofica di Ludovico Geymonat*, Pontificia Universitas Gregoriana, Roma, 1970 se señala el mucho más comprometido volumen de varios autores *Scienza e Filosofia. Saggi in Onore di Ludovico Geymonat*, a cargo de Corrado Mangione, Garzanti, Milán, 1985 que junto a muchos estudios de filosofía de la ciencia, de lógica y de historia del pensamiento filosófico y científico presenta una serie de ensayos sobre la filosofía de Geymonat (debidos a E. Agazzi, D. Constantini, M. Dal Pra, E. Fiorani, G. Giorello, F. Minazzi, E. Rambaldi, A. Pasquinelli, E. Vinassa de Regny y L. Zanzi) además de una bibliografía suya actualizada a 1985.

Repertorios bibliográficos sobre la filosofía de la ciencia

Como ya se ha dicho, la mayor parte de las obras aquí señaladas contienen, a su vez, muchas y detalladas informaciones bibliográficas; en particular siempre deben tenerse presentes las indicaciones bibliográficas contenidas en los volúmenes de la *Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico* de L. Geymonat muchas veces citada. Se pueden encontrar indicaciones bibliográficas esenciales en el vol. XII de la *Enciclopedia Europea*, Garzanti, Milán, 1984 bajo la voz *Epistemologia* de Marco Santambrogio, págs. 85-87 (pero véanse también las voces: *Il Novecento, Logica, Filosofia del Linguaggio* además de la sección dedicada a la *Scienza e Tecnica*).

Un repertorio sistemático (actualizado a 1967) es el de J. D. Robert, *Philosophie et Science, Eléments de Bibliographie*, Beauchesne, París, 1968; para el período entre 1939 y 1945 se puede consultar el volumen *Philosophie des Sciences, Psychologie, Chronique des Années de Guerre 1939-45* (publicado con la dirección de R. Bayer, *Actualités Scientifiques et Industrielles*, nº 1089 y 1105, Hermann, París, 1950).

Para el contexto cultural italiano véanse las siguientes reseñas bibliográficas: Paolo Filiasi-Carcano, "Rassegna di Filosofia della Scienza", *Rassegna di Filosofia*, vol. 1, enero-marzo 1952, fasc.1 págs. 14-26; V. Somenzi, P. Filiasi-Carcano, "Scritti Italiani di Filosofia della Scienza 1939-48, *Rivista Critica di Storia della Filosofia*, 1953, año

VIII, págs. 702-717; V. Somenzi, "Scritti Italiani di Filosofia della Scienza 1949-53", *Ibídem*, 1954, año IX, págs. 500-510; *Ibídem*, "Scritti Italiani di Filosofia della Scienza 1939-53," Appendice, *Ibídem*, 1954, año IX, págs. 619-621; P. Selvaggi, "Cinquant'Anni di Filosofia della Scienza in Italia", *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*, nº 88, 1954; A. Carugo, "Sui Rapporti tra Progresso Tecnico e Pensiero Scientifico", *Studi Storici*, nº 4, 1960, págs. 834-847; F. Barone, "Alcuni Sviluppi nella Filosofia della Scienza", *Cultura e Scuola* 1963, nº 7, págs. 140-150; S. Caramella, "La Filosofia della Scienza in Italia nel Decennio 1956-65", *Cultura e Scuola* 1966, nº 17, págs. 118-125 y F. Barone, "Studi Italiani Sulla Filosofia negli Stati Uniti dal 1945 ad Oggi", *Cultura e Scuola*, 1968, nº 28, págs. 139-45. Estas informaciones pueden ser útilmente completadas con la consulta al volumen de varios autores, *La Scienza in Tasca. Proposta per una Bibliografia di Informazione Scientifica*, Bibliografica, Milán, 1982.

*Bibliografía en castellano**

Ayer,Alfred J.: *Lenguaje, verdad y lógica*, Barcelona, Martínez Roca, 1977, 3ª edición.

Bachelard, Gaston: *Epistemología*, Barcelona, Anagrama, 1974.

Bachelard, Gaston: *La filosofía del no*, Buenos Aires, Amorrortu, 1973.

Bachelard, Gaston: *La formación del espíritu científico*, Barcelona, Planeta- Agostini,1985.

Brown, Harold I.: *Nueva filosofía de la ciencia.* Madrid, Tecnos, 1983.

Chalmers, Alan F.: *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Canillas, Siglo XXI, 1984, 2ª edición.

Chang En-Tse: *Verdad y conocimiento*, Torrejón de Ardoz, Akal, 1976.

Comte, Auguste: *Curso de filosofía positiva*, Madrid, Magisterio Español, 1977.

Dalla Chiara Scabia, María Luisa: *Lógica*, Barcelona, Labor, 1976.

Engels, Friedrich: *Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana*, Madrid, Aguilera, 1969.

Engels, Friedrich: *Anti Dühring*, Madrid, Ayuso, 1978, 2ª edición.

Engels Friedrich: *Dialéctica de la naturaleza*, Madrid, Akal, 1978.

Feyerabend, Paul K.: *La ciencia en una sociedad libre*, Canillas, Siglo XXI, 1982.

Feyerabend, Paul K.: *Contra el método*, Barcelona, Ariel, 1981.

Frege, Gottlob: *Fundamentos de la aritmética*, Barcelona, Laia, 1972.

Gamow, George: *Biografía de la física*, Madrid, Alianza, 1983, 2ª edición.

Geymonat, Ludovico: *Ciencia y realismo*, Barcelona, Edicions 62, 1980.

Geymonat, Ludovico: *Historia de la filosofía de la ciencia: El pensamiento contemporáneo*, Barcelona, Crítica, 1985.

* Versión castellana de las obras citadas por el autor en este libro [E.]

Geymonat, Ludovico: *Historia del pensamiento filosófico y científico del siglo XX*, Barcelona, Ariel, 1985.
Hanson, Norwood R.: *Patrones de descubrimiento.Observación y explicación*, Madrid, Alianza Editorial, 1977.
Havemann, Robert: *Dialéctica sin dogma*, Barcelona, Ariel, 1971.
Hume, David: *Un compendio de un tratado de la naturaleza humana*, Valencia, Universidad de Valencia, 1977.
Hume, David: *Investigación sobre el conocimiento humano*, Madrid, Alianza, 1983.
Hume, David: *Tratado de la naturaleza humana*, Barcelona, Orbis, 1984.
Kneale, William y Martha: *El desarrollo de la lógica*, Madrid, Tecnos, 1980.
Koyré, Alexandre: *Del mundo cerrado al universo infinito*, Canillas, Siglo XXI, 1984, 2ª edición.
Kraft, Víctor: *El círculo de Viena*, Madrid, Taurus, 1977, 2ª edición.
Kuhn, Thomas S.: *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1977, 7ª edición.
Lakatos, Imre: *Crítica de la metodología de programas científicos de investigación*, Valencia, Universidad de Valencia, 1982.
Lakatos, Imre: *Historia de la ciencia*, Madrid, Tecnos, 1982, 2ª edición.
Lakatos, Imre: *Pruebas y refutaciones. La lógica del descubrimiento matemático*, Madrid, Alianza, 1982, 2ª edición.
Lambert, Karel y Garden G. Brittain Jr.: *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Madrid, Guadarrama, 1975.
Lenin, V.I.: *Materialismo y Empiriocriticismo*, Barcelona, Laia, 1974.
Lenin, V.I.: *Cuadernos filosóficos*, Barcelona, Rufino Torres, 1976.
Mason, Stephen: *Historia de las ciencias*, Barcelona, Zeus, 1966.
Monod, Jacques: *El azar y la necesidad*, Barcelona, Tusquets, 1981.
Nagel, Ernest: *Estructura de la ciencia*, Barcelona, Paidós, 1981.
Ogden C. K. y Richards, J. A.: *El significado del significado*, Barcelona, Paidós, 1984.
Piaget, J.: *Introducción a la epistemología genética*, Buenos Aires, Paidós, 1980.
Popper, Karl R.: *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1973, 4ª edición.
Popper, Karl R.: *Conjeturas y refutaciones*, Barcelona, Paidós, 1982.
Prigogine, Ilya y Stengers, Isabelle: *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1983.
Quine, Willard Van Ormann: *Los métodos de la lógica*, Barcelona, Ariel, 1980, 2ª edición.
Ruse, Michael: *La filosofía de la biología*, Madrid, Alianza, .1979.

Russell, Bertrand: *Los principios de la matemática*, Madrid, Espasa-Calpe, 1983, 4ª edición.
Sichirolo, Livio: *Dialéctica*, Barcelona, Labor, 1976.
Snow, Charles P.: *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madrid, Alianza, 1977.
Tarski, Alfred: *Introducción a la lógica y a la metodología de las ciencias deductivas*, Madrid, Espasa-Calpe, 1977, 3ª edición.
Theobald, D. W.: *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Coruña, Adara, 1978.
Thom, René: *Estabilidad estructural y morfogenésis*, Barcelona, Gedisa, 1987.

ESCUELA DE FILOSOFIA
Facultad de Humanidades y Artes
U. N. L. R.

INDICE TEMATICO Y ONOMASTICO

Abbagnano, N., 134
Ampère, A. M., 35, 36
Antinomias, 24
Aristóteles, 73
Astronomía, 13
Axiomas, sistemas de, 22
Axiomático, método, 45
Axiomatización, 137

Bacon, F., 35, 46
Bachelard, G., 16, 37, 91
Bellone, E., 39
Biología, 13, 139, 140
Biología molecular, 64
Bobbio, N., 134
Bohr, N., 93
Boltzmann, L., 139
Borsellino, A., 36, 38
Braithwaite, R. B., 47
Brower, J., 27
Buzano, P., 134

Calor, teoría del, 39
Carnap, R., 24, 36, 65, 66, 134, 140
Carugo, A., 51
Cassirer, E., 16
Causa, concepto de, 73
Causa mecánica, 73
Causalidad, principio de, 74, 84, 138
Ciencia, 13
Ciencia, historia de la, 89, 141, 142
Ciencia, neutralidad, 58
Ciencia, neutralidad práctica, 122
Ciencia, neutralidad teorética, 122
Ciencia aplicada, 16
Ciencia pura, 16
Ciencias, clasificación, 14, 56
Ciencias, unificación, 63, 65, 66, 67, 68, 69
Comte, A., 14, 16, 38, 40
Condicionamiento dialéctico, 93, 94
Condicionamiento recíproco, principio de, 84
Conjuntos, teoría de los, 22, 24
Contigüidad, 30
Continuistas, 91
Crecimiento de la ciencia, interpretación acumulativa, 89
Croce, B., 133, 134, 136

Darwin, Ch., 91
De Broglie, L., 47
Deducción, 30
Definición implícita, 23
Demostración, teoría de la, 26
Descartes, 21, 37, 45
Determinismo, 79
Determinismo biológico, 83, 84
Determinismo cultural, 84
Determinismo en física, 80
Determinismo físicomatemático, 79
Determinismo sociológico, 84
Dewey, J., 134
Dialéctica, 69
Discontinuistas, 90
Duhem, P., 38, 46, 47

Einstein, A., 16, 38, 47, 91, 93
Empirismo, 112
Empirismo lógico, 41
Engels, F., 58
Enriques, F., 16, 91, 133, 134
Escepticismo, 106
Espacios métricos, 31
Espacios V, 31

Espacio, 30
Espacio euclidiano, 23
Especialismo, 58, 59
Especialización, 57
Experimental, método, 13, 14
Euclides, 21, 23, 35
Evidencia, criterio de, 22
Experimento crucial, 46
Experimentos mentales, 38
Explicación, 23
Explicandum, 23
Explicatum, 24

Falsificación, método de la, 66
Física, 3, 89
Física nuclear, 69
Fisicalismo, 65, 66
Fotón, 47
Foucault, L., 46, 47
Fourier, J., 39, 45, 46
Frege, G., 24
Fresnel, J. A., 46
Frola, E., 134
Fuerza vital, 64

Galileano, método, 14
Galilei, G., 13, 29, 36, 38, 51, 69, 73, 89, 91, 100, 102, 107, 125, 138
Gentile, G., 89, 90, 91, 133, 134, 135, 139, 143
Geometrías no euclidianas, 22
Gödel, K., 26
Goethe, W., 37

Harvey, W., 13
Hegel, G. W. F., 70
Heisenberg, W., 80
Heyting, A., 27
Hilbert, D., 16, 26, 58, 137
Históricos externistas, 92, 93, 94
Históricos internistas, 92
Hobbes, T., 83
Hume, D., 73, 74, 76, 106, 138
Huygens, G., 46
Huygens, óptica de, 46

Idealismo, 134
Iluminismo, 134
Impetus, teoría del, 36
Incompletud sintáctica, teorema de la, 26
Indeterminación, principio de, 79, 80
Indeterminismo físico, 80
Intuición, 26, 29, 30
Intuicionismo, 27, 28
Irreversibilidad, principio de, 82

Joergensen, J., 63, 65

Kamin, L, 83, 84
Kant, E., 13, 55, 74, 106, 111
Koyré, A., 91

Lakatos, I., 67, 141
Laplace, P. S., 55, 79, 81, 82, 83
Lavoisier, A. L., 55
Lenin, V. I., 106, 114, 115
Lewontin, R., 83, 84
Lenguaje, filosofía del, 140
Lenguaje cosal físico, 65
Lenguajes científicos, 15, 57, 58, 66
Lobacĕvskij, N. I., 99
Lógica, 27
Lógica formal, 13
Lógica inductiva, 35
Lógica intuicionista, axiomatización, 27
Logicista, programa, 24
Lorentz, H. A., 93

Mangione, C., 25, 26
Marx, K., 70
Marxismo, 50, 51, 67, 141
Matemática, 13, 21, 26, 27, 28, 55, 89, 99, 137, 138
Mecánica racional, 139
Mecanicismo, 139
Mecanicistas, 64, 139
Mendeleev, D. I., 115
Mendelssohn, K., 48
Método inductivo, 138
Modelos, 47, 48
Modelos matemáticos, 49
Monod, J., 82, 83

Naturaleza, racionalidad de la, 125
Neopositivismo, 40, 41, 65
Newton, I., 21, 35, 46, 122
Newton, ley de, 75
Newton, óptica de, 46
Nuvoli, P., 134

Patrimonio científico-técnico, 94, 143
Paty, M., 82
Peano, C., 133, 134
Persico, E., 134
Planck, M., 93
Platón, 90
Poincaré, J. H., 16, 93
Popper, K., 37, 66, 67, 68, 75, 91
Positivismo, 75, 133, 135
Pragmatismo, 49, 50, 51, 52, 112
Prigogine, I., 82, 83
Probabilidad, 24, 76
Profundización, 106
Psicoanálisis, 67
Psicología, 55

Química, 55
Quine, W., 38

Racionalismo, 17
Realidad fenoménica, 111
Reichenbach, H., 16, 134
Riemann, B., 93, 99
Rose, S., 83, 84
Russell, B., 25, 134

Schlick, M., 16, 80, 81
Snow, C. P., 143
Spinoza, B., 21
Stuart Mill, J., 35
Superación, 106

Técnica, 16
Teorías, axiomatización de las, 25, 142
Termodinámica, 82, 139
Termodinámica del no equilibrio, 82
Topología, 24

Vailati, G., 133, 135
Verdad relativa, 101, 103, 104, 106, 107, 116
Vitalismo, 140
Vitalistas, 64, 139
Vittorini, E., 59

Whitehead, A. N., 25

Zermelo, 25